

# Die Drahtseil-Strassenbahnen in San Francisco und in anderen Städten der Vereinigten Staaten.\*)

Von G. J. Specht, Civil-Ingenieur in San Francisco.

(Mit Zeichnungen auf Taf. XI—XIII.)

Seine erste erfolgreiche Anwendung hat das System der Drahtseil-Strassenbahnen in der Stadt San Francisco gefunden, deren steile Strassen von gewöhnlichen Fuhrwerken nur mit Schwierigkeit befahren werden können, und deren räumliche Ausdehnung eine häufige und schnelle Verbindung der entlegenen Quartiere mit den Geschäftsvierteln wünschenswerth und nothwendig machte. Diesem Bedürfnisse haben die Drahtseilbahnen in völlig genügender Weise entsprochen.

Diesen Bahnen liegt im Allgemeinen die folgende Anordnung zu Grunde: Ein endloses Seil, das in zwei parallelen Röhren oder Kanälen läuft, die in der Mittellinie zweier Geleise unterirdisch angelegt sind, wird durch eine stationäre Dampfmaschine bewegt. Dasselbe zieht die auf den beiden Geleisen in entgegengesetzter Richtung laufenden Wagen. Die Wagen werden vermittelt einer von ihnen aus gehandhabten Klemme oder Greifer (grip) mit dem laufenden Seile verbunden und von demselben losgelöst.

Dieser Greifer geht durch einen zwischen den beiden Schienen eines Geleises befindlichen offenen Schlitz hindurch und kann durch einen Hebel- oder Schraubenmechanismus beliebig geöffnet oder geschlossen werden, wodurch das Seil losgelöst oder ergriffen wird. Die Einzelheiten der Konstruktion und die praktischen Erfahrungen, welche man mit diesem Strassenbahnsystem bisher machte, werden am besten durch eine Schilderung der einzelnen Strassenbahnen, die bis jetzt in den Vereinigten Staaten gebaut wurden und im Betrieb sind, dargelegt.

Die „Clay Street Hill Wire Rope Railroad“ ist die erste nach diesem Systeme gebaute Bahn. Im Jahre 1872 schlug A. S. Hallidie die Anwendung von unterirdisch laufenden Drahtseilen für den Betrieb von Strassenbahnen in San Francisco vor. Nach manchen Schwierigkeiten, welche in Bezug auf die Beschaffung der nöthigen Geldmittel und das Ueberwinden der bestehenden Vorurtheile zu bekämpfen waren, gelang es Herrn Hallidie die Bahn in der Clay Street Hill Road zu bauen. W. Eppelsheimer, ein deutscher Ingenieur, war der Konstrukteur und hat das Verdienst, die Entwürfe für die ganze Bahn erdacht und ausgeführt zu haben.

Die Clay-Strasse liegt in einem sehr dicht bewohnten Theile San Franciscos und ist nur 14.9 m breit. Das untere Ende dieser Bahn befindet sich an der Kreuzung der Kearney-Strasse. Ihr höchster Punkt ist 93.6 m höher, als diese Kreuzung.

Die jetzige Länge dieser Bahn ist 1584 m, in der Steigung gemessen. Fig. 6 auf Taf. XII zeigt das Längenprofil. Zehn Querstrassen kreuzen die Linie in regelmässigen Abständen von je 125.8 m und unter rechten Winkeln. An diesen Stellen liegt die Bahn auf 14—21 m Länge horizontal.

Die Maximalsteigung der Bahn beträgt  $162.7^{\circ}/_{00}$ .

Mit dem Baue wurde am 2. Juni 1873 angefangen und am 1. August desselben Jahres wurde die Bahn in einer Länge von 1006 m dem Verkehr übergeben. In 1877 wurde sie um 610 m verlängert.

Das endlose Drahtseil ist aus Stahldrähten gemacht und misst 75 mm im Umfang; es ist 3353 m lang. Das Seil wird durch eine Dampfmaschine von 45 Pferdek. (Cylinderdurchmesser 56 cm, Hub 112 cm) betrieben.

Der Kohlenverbrauch ist 1400 kg in 17 Stunden wirklichen Betriebes. Die Kesselherde haben eine rauchverzehrende Einrichtung, die mit einem 24.5 m hohen Schornstein in Verbindung steht. Eine zweite Dampfmaschine und Kessel dienen als Reserve.

Fig. 3, Taf. XI ist ein horizontaler Schnitt, 4.6 m unterhalb des Strassenpflasters und Fig. 2 ein vertikaler Schnitt der Maschinenanlage. SS sind die beiden Dampfmaschinen und S<sub>1</sub> S<sub>1</sub> die beiden Kessel. Die Maschinen drehen die Trommel T durch die Zahnradübersetzung t. Die Pfeile zeigen die Bewegungsrichtung des Seiles.

Beim Eintritt in das Maschinenhaus wird das Seil unter rechten Winkeln vermittelt der zwei grossen Seilräder U und U<sup>1</sup> abgelenkt, die in einem Gewölbe unter der Strasse angebracht sind. Das Seil läuft dann auf das Triebrad T, hierauf über ein anderes doppeltes Seilrad V, durch welches es in richtiger Spannung gehalten wird. Es läuft dann in entgegengesetzter Richtung zurück nach dem Triebrad und endlich wieder über die Seilräder u und u<sub>1</sub> in die Strassenröhren.

Um die Ausdehnung des Seiles unschädlich zu machen und dasselbe in steter Spannung zu erhalten, ist die Seilscheibe V auf den Führungen v verschiebbar gelagert und mit einem Spanngewichte in Verbindung.

Das Seil geht vom Maschinenhause in die Strassenröhre A<sub>2</sub> und entlang dieser zu dem unteren Ende der Bahn, wo es um eine horizontale Seilscheibe läuft und dann in die andere Strassenröhre eintritt.

Das Triebrad T hat bewegliche Backen (Fig. 1a, 1b und 1c) wodurch die richtige Reibung erhalten wird.

Die unterirdischen Strassenröhren zur Aufnahme des Seiles sind aus, in gewissen Abständen stehenden Rahmen und aus Brettern oder Eisenblech gebildet. Fig. 2 zeigt die ältere Konstruktion dieser Rahmen aus Gusseisen, die durch dünne Bleche miteinander verbunden sind. An den Aussen-seiten dieser Röhren ist Erde fest eingestampft, und die Strasse zwischen den Schienen ist gepflastert. Diese gusseisernen Röhren sind wegen ihres grossen Gewichtes (171 kg) nicht ökonomisch und sind auch von keiner anderen Bahn benützt worden.

Parallel mit dem Geleise und nahe der Mitte zwischen

\*) Literatur über Kabel-Strassenbahnen: „Cable Tramways“. By J. Buchnall-Smith. — Engineering 1883, 1884 und 1885. — Wire Rope Tramways“. By Chas. Farquhar Findlay. — Mining- and Scientific Press 1885.

Während der Drucklegung dieses Aufsatzes erschien auch ein diesen Gegenstand behandelnder Vortrag von W. Voit in der Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure 1887, Nr. 9 und 10. In demselben wird insbesondere die nach Miller's System ausgeführte Seilbahn in der 10. Avenue in Newyork besprochen.

den beiden Schienen zieht sich ein enger Schlitz, durch welchen der Greifer vom Wagen aus hindurchgeht. Das Seil läuft nicht direkt unter diesem Schlitz, sondern etwas seitwärts, so dass es gegen einfallenden Schmutz und Sand geschützt ist, und um es möglich zu machen, dass das

Fig. 1 a.

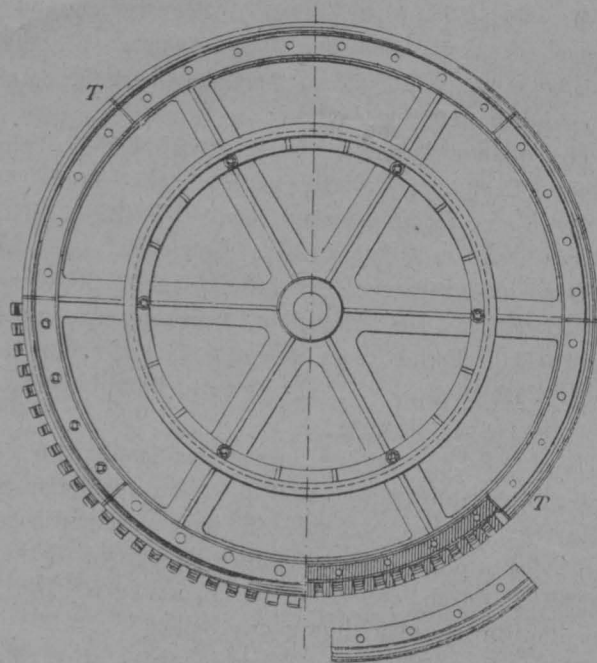
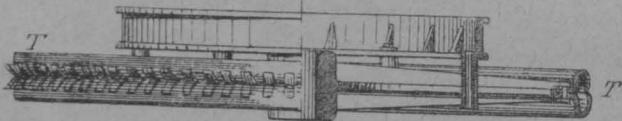


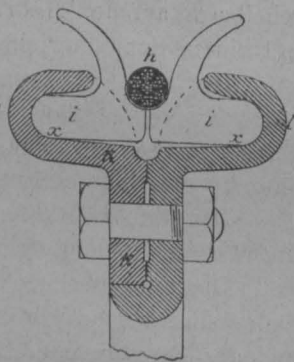
Fig. 1 b.



untere Ende des Greifers die Seilscheiben in der Strassenröhre passieren kann. Um das durch diesen Schlitz in die Röhren gelangende Wasser abzuleiten, sind häufige Verbindungen mit den städtischen Kanälen hergestellt. Die Erfahrung hat gezeigt, dass der Betrieb durch Staub- und Schmutzansammlung niemals gestört worden ist.

Das Seil wird durch eiserne Räder, 27.5 cm im Durchmesser, in Abständen von je 12 m in der Strassenröhre unterstützt.

Fig. 1 c.

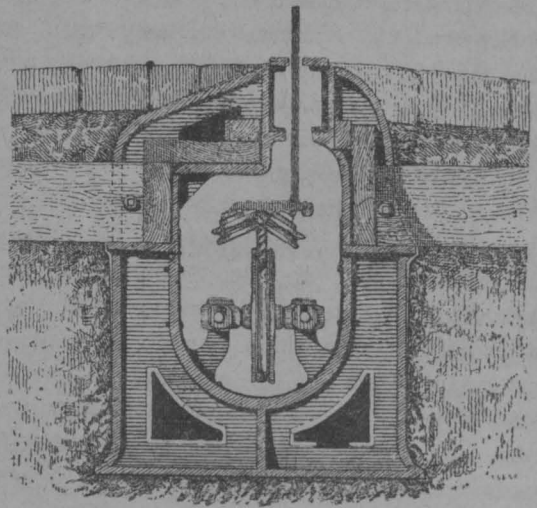


Die Verbindung der Wagen mit dem endlosen Seile geschieht durch einen Greifer, der auf einem dem Personenwagen vorgespannten kleineren offenen Wagen Dummy genannt, angebracht ist. Fig. 3 und 3 a zeigen den Greifer der Clay Street-Bahn. Ein senkrechter Schieber A, wird durch eine Schraube und ein Handrad in einer Führung auf- und abbewegt. Die obere Schraube geht durch die grössere untere Schraube hindurch. Am unteren Ende des senkrechten Schiebers ist ein keilförmiger Block angebracht, welcher zwei Klammern horizontal verschiebt, die sich öffnen oder schliessen, je nach der Richtung in welcher der senkrechte Schieber bewegt wird. Die Klammern haben Backen von weichem Guss-

eisen, die leicht ausgewechselt werden können, wenn sie abgenützt sind; sie sind genau nach der Form des Seiles gemacht, so dass sie dasselbe vollständig umschliessen.

An beiden Seiten dieser Klammern sind je zwei kleine Leitrollen CC angebracht; sie werden durch Gummikissen in solcher Lage gehalten, dass das Seil von den Klammern entfernt bleibt.

Fig. 2.



Wenn das Seil ergriffen werden soll, dann wird der Schieber mittelst der oberen Schraube gehoben; der Keil am unteren Ende des Greifers schliesst die Klammern und presst zu gleicher Zeit die kleinen Leitrollen zurück.

Fig. 3.

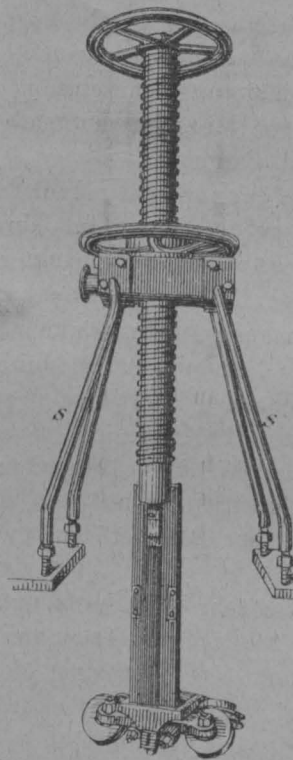
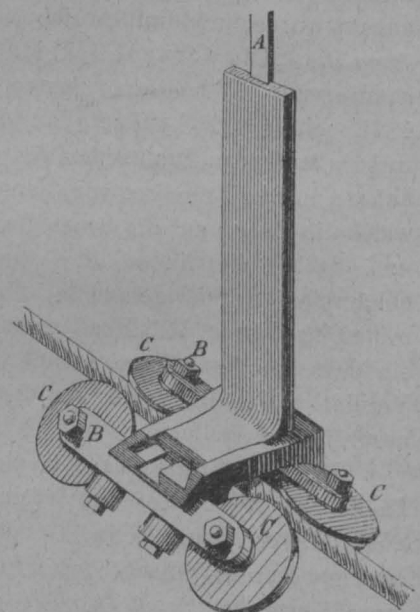


Fig. 3 a.



Die Führung, die den Schieber leitet, ist in einem eisernen Gestell befestigt und kann durch die grosse untere Schraube und ein Handrad ganz aus der Strassenröhre herausgehoben werden, im Falle eine Untersuchung nöthig ist. Oeffnungen in der Strassenröhre, die während des regelmässigen Betriebes geschlossen sind, ermöglichen dies.

Der Betriebswagen oder Dummy, auf dem der Greifapparat und die Bremsen angebracht sind, hat 16 Sitzplätze

und ist vor den eigentlichen Personenwagen gekuppelt. Die Personenwagen dieser Bahn haben Sitze für 14 Personen; es kommt aber häufig vor, dass 44 Personen im Wagen und 26 auf dem Dummy, im Ganzen 70 Personen befördert werden, von denen allerdings die Mehrzahl stehen muss. Der Wagen und Dummy haben jeder die gewöhnlichen Radbremsen der erstere aber auch noch eine Geleisbremse, die ein zirka 0.5 m langes Stück Holz gegen die Schienen presst und eventuell im Stande ist, die Räder von den Schienen abzuheben. Diese Bremse ist in Fig. 4 zwischen den beiden Rädern des Wagens zu sehen.

Am unteren Ende dieser Bahn (Kearney Street) sind zwei Drehscheiben, welche dazu dienen, Dummy und Wagen, nachdem die Verbindung mit dem Seile gelöst ist, einzeln von einem Geleise auf das andere, für die Rückfahrt dienende, überzuführen.

Das Seil läuft daselbst um ein Seilrad, 2.44 m im Durchmesser, das auf einem beweglichen Gestell aufliegt. Ein Gegengewicht von ungefähr 1350 kg hält das Seil in Spannung.

Ausserdem:

1600 m Geleise für Pferdebahn (Fortsetzung  
der Seilbahn). 5 Weichen, 20 Pferde

und 3 Wagen . . . . . 60.000 Mark  
400.600 Mark

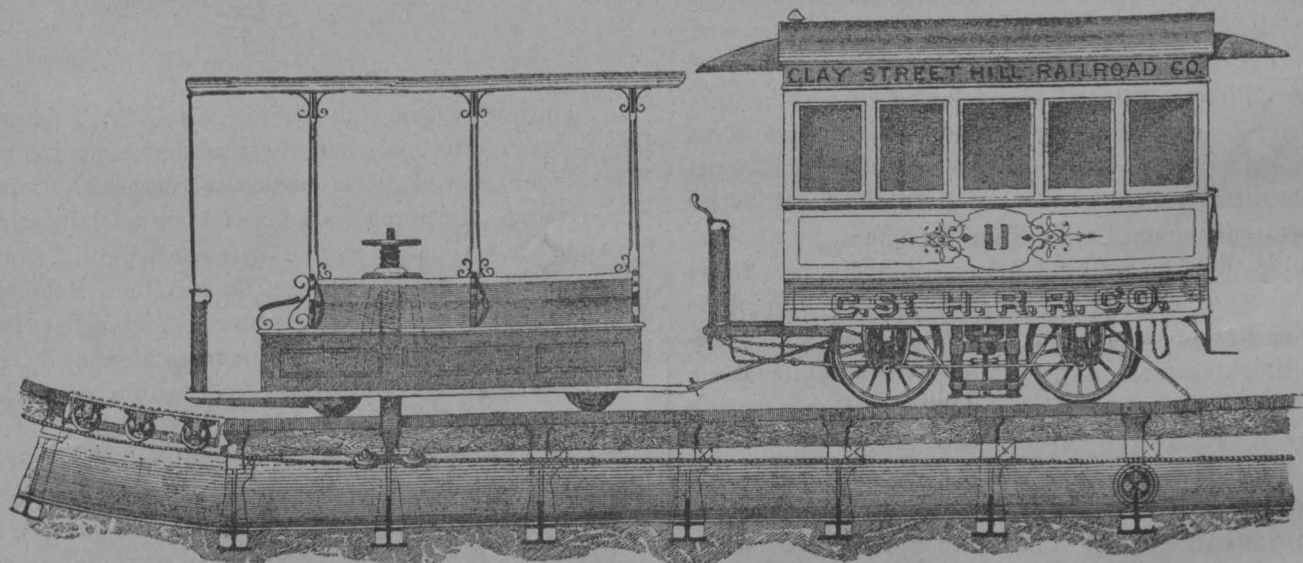
In Bezug auf die Lebensdauer des Drahtseiles hat man folgende Erfahrungen gemacht: Das erste Seil wurde nach 820 Tagen ausgewechselt; die täglichen Betriebskosten des Seiles (Kosten des Seiles dividirt durch die Anzahl der Betriebstage) waren 19.72 Mk. Das zweite Seil wurde 686 Tage (à 12 Stunden) gebraucht, Betriebskosten 28 Mk. pro Tag.

Diese Seile waren 7.5 cm im Umfang und 2075 m lang; sie bestanden aus 114 Drähten, Nr. 16 Birmingham-Skala, und wogen jedes 4.55 t (à 1000 kg).

Die jetzige Länge der Bahn erfordert ein 3353 m langes Seil, das aus sechs einzelnen Strängen, jeder 19 Stahl-drähte enthaltend, gemacht ist. Dieses dritte Seil war 340 Tage im Gebrauch (October 1877 bis September 1878) und musste zweimal gegen das Ende 1877 reparirt werden.

Der erste Bruch wurde dadurch verursacht, dass das Seil von einer der grossen Seilscheiben im Maschinenraum

Fig. 4.



Die ältere kurze Linie (1006 m lang) wurde einschliesslich der Aufenthalte in ungefähr 11 Minuten durchfahren, 48.6 kg Kohle wurden pro Betriebstunde verbraucht. Ungefähr 6 Pferdek. waren nöthig, um die Maschine und das Seil allein zu bewegen; die Kolbengeschwindigkeit war 122 m in der Minute und der wirksame Druck variierte zwischen 6 und 7 kg auf den Quadrat-Centimeter. Die veranschlagten Kosten dieser Bahn waren 400.000 Mk., die wirklichen Kosten waren etwas weniger, u. zw. stellten sich dieselben wie folgt:

2102 m Geleise und Strassenröhren . . .	152.800 Mark *)
Spannungsapparat und Drehscheiben . . .	10.500 "
Dampfmaschine, Kessel etc. . . . .	20.000 "
Stahldrahtseil, 2075 m lang . . . . .	16.200 "
9 Dummies . . . . .	34.000 "
7 Personenwagen . . . . .	25.900 "
Bauplatz, Gebäude und Verlegung der	
Gas- und Wasserleitungen . . . . .	36.000 "
Banleitung und Unvorhergesehenes . . .	40.000 "
Im Ganzen . . . . .	340.600 Mark

\*) 1 Doll. = 4 Mk.

abließ; der zweite Bruch war durch das Brechen eines Greifers verursacht. In beiden Fällen waren die Enden des zerrissenen Seiles nicht mehr als 3 m voneinander entfernt, und die Wagen konnten auch in derselben Länge zum Stillstand gebracht werden. Seitdem sind solche Seilbrüche nicht wieder vorgekommen.

Das vierte Seil lief 415 Tage; das fünfte Seil konnte nur 110 Tage gebraucht werden und erforderte während seiner kurzen Dauer mehrere Reparaturen. Das sechste Seil lief 396 Tage, während das siebente 430 Tage im Gebrauch war.

Die Längsspannung, die auf das Seil ausgeübt wird, ist nicht sehr gross; die Hauptursache der Abnutzung des Seiles sind die vielen Biegungen über den Seilscheiben. Die Abnutzung durch den Druck des Greifers ist nicht bedeutend. Die Seile müssen daher aus zähem, biegsamen Draht gemacht werden.

Die Seilbahn ist im Durchschnitt 17½ Stunden täglich in Betrieb; die durchschnittliche Geschwindigkeit des

Seiles ist ungefähr 10·0 km pro Stunde. Die Spurweite des Geleises ist 1·066 m; dasselbe besteht aus gewöhnlichen Eisenbahnschienen, die in gleicher Höhe mit dem Strassenpflaster gelegt sind.

Die Wagen folgen einander in je 5 Minuten; in gewissen Nachmittagsstunden in je 3 Minuten. Der Verkehr geht mit grosser Regelmässigkeit und Pünktlichkeit vor sich und es kommt selten vor, dass ein Wagen eine halbe Minute zu spät daran ist.

Die Entwicklung des Seilbahnsystems ging anfänglich durchaus nicht sehr rasch von Statten; es wurden sehr sorgfältige und umfangreiche Untersuchungen in Betreff der Leistungen, Betriebskosten und Betriebssicherheit, Einfluss auf den gewöhnlichen Strassenverkehr und auf das benachbarte Grundeigenthum gemacht und erst als die zustehenden Behörden und die Einwohner im Allgemeinen von den Vortheilen dieses Systems überzeugt waren, entwickelte sich dasselbe rascher. Drei und ein halbes Jahr verflossen zwischen der Eröffnung der ersten Strassen-Seilbahn (Clay-Strasse) und jener der zweiten, der Sutter Street Railroad. Dieselbe war anfänglich eine Pferdebahn und wurde im December 1877 in eine Seilbahn umgeändert. Der gute finanzielle Erfolg dieser Bahn ermutigte Kapitalisten und verstärkte das Vertrauen in dieses System. Im April 1878 wurde die California Street R.-R. dem Verkehr übergeben, im März 1880 wurde die Geary Street R.-R. eröffnet; dann folgte im Jänner 1882 die Union Street, Presidio & Ferries R.-R.; um dieselbe Zeit wurde die Zweiglinie der Sutter Street-Bahn entlang der Larkin-Strasse eröffnet. Im October 1883 wurde das grossartige System der Market Street Cable Railway Company, bestehend aus der Hauptlinie entlang der Market-Strasse und drei Zweiglinien (Valenzia-Strasse, Haight-Strasse und McAllister-Strasse), und am 1. Juni 1886 die vierte Zweiglinie dieses Systems entlang der Hayes-Strasse dem Verkehr übergeben.

Ich werde diese einzelnen Bahnen der Reihe nach besprechen.

Die Sutter Street Railroad beginnt am unteren Ende der Market-Strasse (Landungsplatz der Fährboote), läuft auf 750 m entlang derselben, bis zum Anfang der Sutter-Strasse, dann entlang dieser bis zu ihrem Ende in Central-Avenue, in einer Länge von 4050 m. Zwei Zweiglinien sind mit dieser Hauptlinie an der Kreuzung der Sutter- und Polk-Strasse verbunden.

Die südliche Zweiglinie läuft eine kurze Strecke entlang der Polkstrasse, dann durch die Poststrasse und entlang der Larkin-Strasse, kreuzt die Market-Strasse und endet an der Kreuzung der Achten- und Mission-Strasse. Die nördliche, mit Pferden betriebene Zweiglinie läuft entlang der Polkstrasse bis zur Kreuzung mit der Pacific-Strasse, wo eine Zweiglinie entlang dieser bis zur Fillmore-Strasse abzweigt, während die andere Linie entlang der Polkstrasse weiterläuft bis zur Unionstrasse.

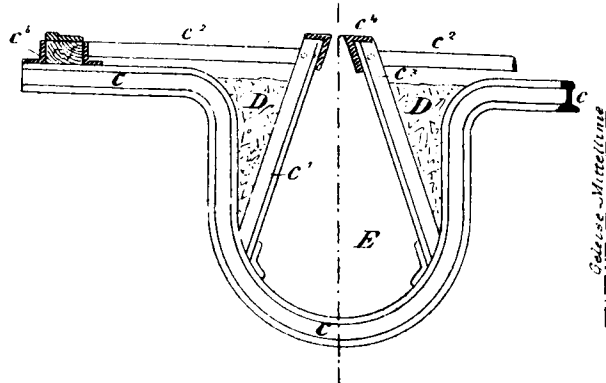
Der Theil der Hauptlinie von der Kreuzung der Market- und Sansome-Strasse bis zur Larkin-Strasse wurde im Jänner 1877 in eine Seilbahn umgeändert und wurde selbe im October 1879 bis zum Ende der Sutter-Strasse (Central-Avenue) verlängert.

Die Gesamtlänge der zweigeleisigen Seilbahnen dieser Gesellschaft ist jetzt 5·75 km und die der Pferdebahnen 3·2 km. Die Spurweite aller Geleise ist 1·52 m.

Der höchste Punkt der Seilbahn liegt 51·8 m über dem Ausgangspunkt. Die Steigungen wären im Allgemeinen für Pferdebetrieb nicht zu steil, wie aus dem Längenprofil, Fig. 7 auf Taf. XII und Fig. 4 auf Taf. XI, ersichtlich.

Die Konstruktion der Strassenröhre dieser Bahn war anfänglich beinahe dieselbe, wie in der Clay-Strasse, nur mit dem Unterschied, dass die Rahmen theilweise von Schmiedeisen anstatt ganz von Gusseisen hergestellt waren.

Fig. 5.



Die jetzt gebrauchte Röhre ist in Fig. 5 dargestellt. Die Rahmen sind aus alten Eisenbahnschienen (28 kg) und Winkleisen gemacht. Die diagonalen Streben  $C^1$  tragen die Schlitzseisen  $C^4$ , die durch Flacheisen  $C^2$  mit den Langschwellen des Geleises verbunden sind. Dies sichert die Erhaltung der richtigen Weite des Schlitzes. Die einzelnen Rahmen sind durch Bretter miteinander verbunden; hinter den Brettern ist eine Füllung von fest eingerammtem Béton (D).

Von 1877 bis Dezember 1883 wurde die Bahn von zwei getrennten Maschinenanlagen betrieben. Jetzt sind dieselben in eine an der Ecke der Sutter- und Polkstrasse gelegene vereinigt. Die Maschinen sind im Souterrain aufgestellt; das Erdgeschoss wird als Wagenremise und Werkstätte und ein Theil desselben zu Bureaux benützt; die zwei oberen Stockwerke dienen als Wagenremise. Das Gebäude ist ganz aus Ziegeln und Eisen hergestellt. Der Schornstein hat eine Höhe von 50·3 m über dem Strassenpflaster. Die gesammten neuen Anlagen kosteten 400.000 Mk.

Die Uebertragung der Kraft von der Dampfmaschine auf das Strassenseil ist anders konstruirt, als bei der Clay-Strassenbahn.

Fig. 6.

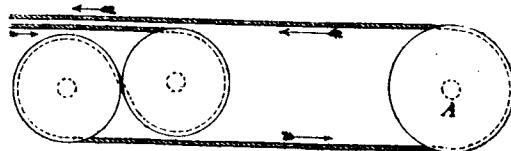


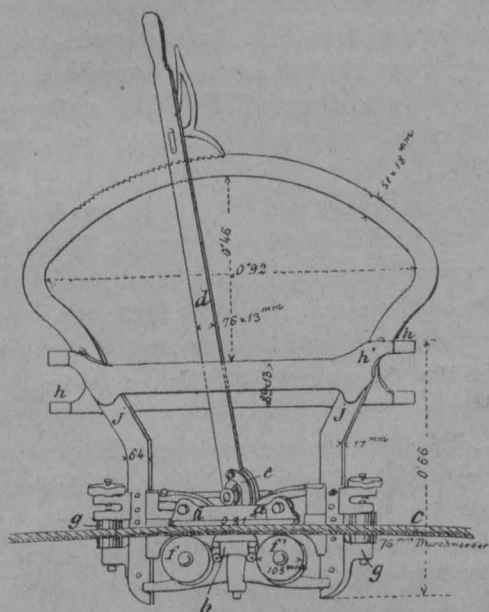
Fig. 6 zeigt die betreffende Anordnung in schematischer Darstellung: A ist eine mit Rinnen versehene Trommel, die durch eine Zahnradvorlage von der Dampfmaschine betrieben wird. Das Seil, welches von der Strassenröhre kommt, wird durch eine horizontale Seilscheibe abgelenkt und auf die Trommel geleitet. Dann läuft das Seil zurück und um ein senkrechttes Rad, das auf einem Rollwagen befestigt ist und



mit einem Gewichte in Verbindung steht, wodurch die nöthige Spannung des Seiles erzielt wird. Hierauf ist dasselbe über eine zweite vertikale und eine horizontale Seilscheibe in die Strassenröhre zurückgeleitet. Kurz bevor der Wagen die horizontalen Seilscheiben erreicht, wird das Seil vom Greifer losgelassen und der Wagen läuft in Folge seines Beharrungsvermögens über diese Stelle.

Der Greifapparat, Fig. 7, ist wesentlich verschieden von dem der Clay-Strassenbahn; er besteht aus zwei vertikal beweglichen Backen *a* und *b*, die mittelst eines Hebels, der auf ein Kniegelenk wirkt, auf- und abbewegt werden können und dabei das Seil ergreifen oder loslassen. Auf der unteren Backe sind zwei kleine Rollen *f, f'* angebracht, auf welchen das Seil läuft, wenn die Backen offen sind. Mit der oberen Backe sind zwei kleine, konische, vertikal stehende Trommeln *gg'* verbunden; dieselben werden gleichzeitig mit der letzteren durch den Hebel gehoben und werfen das Seil aus den Backen heraus.

Fig. 7.



Am Ende der Bahn sind keine Drehscheiben angeordnet; der Uebergang der Wagen von einem auf das andere Geleise geschieht durch Weichen. Dieselben sind derart konstruirt, dass die unterirdische Röhre genau der Geleiskurve folgt; der Durchschnittspunkt der beiden Schlitzte ist durch eine bewegliche Zunge bedeckt, welche so angeordnet ist, dass der Greifer des passirenden Wagens in den richtigen Schlitz geleitet wird. Das Seil liegt in beiden Röhren zur selben Seite des Schlitzes. Natürlich muss das Seil fallen gelassen werden, wenn der Wagen durch die Weiche fährt, und wird dasselbe erst wieder aufgenommen, wenn der Wagen in das zweite Hauptgeleise eingefahren ist. Da die Wagen durch ihre eigene Schwere durch diese Weichen fahren müssen, so ist es nöthig, dass die Bahn dort im Gefälle liegt.

Die das Seil unterstützenden und leitenden Rollen müssen sehr sorgfältig und genau angebracht werden, da ungenaue Arbeit das Seil leicht in solche Vibrationen versetzen kann, dass es von einer oder mehreren Rollen abläuft.

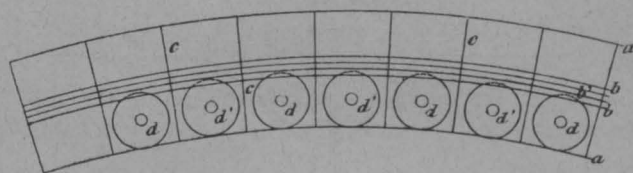
Das Gewicht eines Personenwagens und eines Dummy ist 1361, bezw. 907 kg und jeder derselben hat 18 Sitze.

Die Züge laufen alle vier Minuten und machen während des ganzen Tages 250 Touren.

Durch die Maschine werden zwei Seile betrieben; das Seil der Hauptlinie (Sutter-Strasse) ist 3136 m lang, das der Zweiglinie (Larkin-Strasse) ist 1683 m lang. Beide Seile bestehen aus sechs Strängen von je 19 Stahladranten. Die Geschwindigkeit der Seile variirt zwischen 152 und 228 m pro Minute. Die Dauer eines Seiles ist im Durchschnitt zehn Monate. Die Bahn hat 40 Wagen und Dummys im Gebrauch.

Die Zweiglinie (Larkin-Strasse) kreuzt vier andere Seilbahnen, nämlich die Geary-, McAllister-, Hayes- und Market-Strassenbahnen im selben Niveau. Sie hat eine Eigenthümlichkeit, die bis jetzt keine andere Drahtseilbahn in San Francisco hat, nämlich ausserordentlich scharfe Kurven. Das Maschinenhaus der Sutter Street Railroad Company liegt an

Fig. 8.



der südöstlichen Ecke der Sutter- und Polkstrasse. Dort fängt diese Zweiglinie an, läuft für eine Länge von 84 m entlang der Polkstrasse, biegt dann unter einem rechten Winkel in die Poststrasse, läuft entlang dieser in einer Länge von 126 m und biegt dann wieder unter einem rechten Winkel in die Larkin-Strasse ein. Der Halbmesser dieser Kurven ist 12.2 m, resp. 15.2 m.

Fig. 8, 9 und 10 erklären die Art und Weise, wie diese Kurven passiert werden.

Der schematische Grundriss, Fig. 8, zeigt eine Kurve des Strassenbahngeleises; *aa* sind die Schienen, *bb* die Schlitzseisen, beide sind nach der Kurve gebogen und durch die radial gestellten Rahmen *cc* unterstützt. Entlang der inneren Seite der Kurve und zwischen den Rahmen *cc* ist eine Anzahl Seilscheiben angebracht, deren Abstände voneinander mit dem Halbmesser der Kurven variiren; der in der Skizze angenommene Abstand der vertikalen Achsen der Räder ist 1.07 m.

Fig. 9.

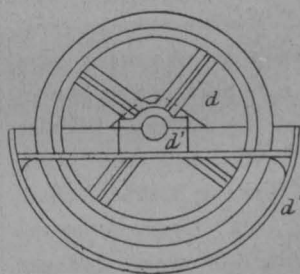
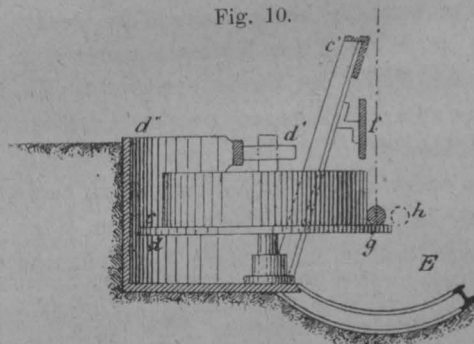


Fig. 10.



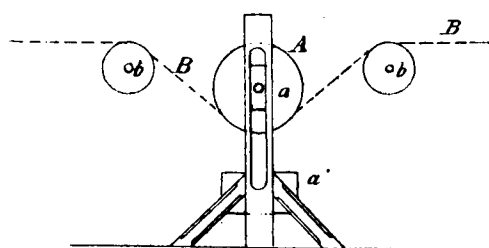
Diese Entfernung wird nach der Grösse der Ablenkung berechnet, die man dem Seile geben kann, ohne die Backen des Greifers zu verletzen; diese Ablenkung (Pfeil zwischen Bogen und Sehne) wird mit 2.5--5 cm angenommen.

Fig. 9 ist der Grundriss und Fig. 10 eine seitliche Ansicht einer solchen Seilscheibe.

Ausserdem sind auch die gewöhnlichen vertikalen Seilräder entlang dem inneren Schienenstrang in gewissen Abständen angebracht. In Fig. 10 ist *E* ein Theil der Strassenröhre mit einer diagonalen Stütze *c*; eine Leitstange *f* ist an dieser Stütze angenietet, gegen welche die Rollen des Greifers laufen, um den Greifer vor seitlicher Abbiegung zu schützen.

Diese Leitstange ist so dicht über den Rädern, dass das Seil nicht dazwischen kommen kann. *g* in Fig. 10 zeigt die normale Lage des Seiles und *h* die Ablenkung desselben durch den Greifer. Das Seil geht sofort wieder in seine vorherige Lage zurück, wenn der Wagen durch die Kurve durchgelaufen ist. Diese Einrichtung hat sich gut bewährt, ist aber ziemlich theuer. Jede der Kurven kostete, einschliesslich der Schienen, zirka 16.000 Mk.

Fig. 11.



Am westlichen Ende dieser Bahn ist der in Fig. 11 dargestellte Spannungsapparat gebraucht. Der sehr beschränkte Raum war die Ursache der vertikalen Anordnung. *B* ist das Seil, welches über zwei kleine und eine grosse Scheibe läuft. Die letztere liegt zwischen den beiden ersten und ist durch ein Gegengewicht *a'* belastet, wodurch eine bestimmte Spannung des Seiles erzielt wird.

Im Jahre 1883 wurde das neue Maschinenhaus an der Ecke der Sutter- und Polkstrasse erbaut.

Wie schon erwähnt, kreuzt die Larkin Strassenbahn die Geary-, McAllister-, Hayes- und Market-Strassen-Seilbahnen. Die Kreuzung zweier Seilbahnen ist eine mehr oder weniger schwierige Aufgabe. Wo die eine Strasse von beiden Seiten nach der Kreuzung zu fällt, ist die Aufgabe leichter gelöst, indem das eine Seil losgelassen wird und die Wagen durch ihre eigene Schwere über die Kreuzung hinüberlaufen. Dies ist der Fall in der Larkin- und Geary-Strassenkreuzung. Das Gesetz schreibt vor, dass die zuerst gebaute Bahn das Recht hat, ihr Seil über das der anderen zu führen. Die Larkin-Strassenbahn wurde früher gebaut als die Geary-Strassenbahn, deshalb ist das Seil der letzteren unter dem der ersten, was auch der Natur der Sache entspricht. Um zu verhindern, dass das untere Seil gegen das obere schlägt, sind kleine vertikale Räder oberhalb des Seiles angebracht, um es 0.5 m unter dem anderen Seile zu halten. Wenn beide Strassen horizontal oder im einseitigen Gefälle liegen, dann wird das eine Geleise von beiden Seiten nach der Kreuzung zu in ein Gefälle gelegt.

Die Strassenkreuzungen sind meistens 21 m breit.

Im Anfang kamen mehrere Unfälle an diesen Kreuzungen vor, indem die Geary-Strassendummys gegen das Seil der Larkin-Strassenbahn anfahren und dasselbe stark beschädigten. Jetzt kommen solche Unfälle nicht mehr vor.

Die Hauptlinie der Sutter-Strassenbahn kreuzt zwei der belebtesten Geschäftsstrassen San Franciscos, Kearney- und Montgomery-Strasse, welche während der Geschäftsstunden mit Wagen und Menschen dicht angefüllt sind. Der Verkehr der Bahn geht ganz ruhig und sicher vor sich; ein Unglücksfall ist an diesen Kreuzungen noch nie vorgekommen.

Schon im ersten Jahre, nachdem die Bahn von einer Pferdebahn in eine Seilbahn umgeändert war, stieg der Verkehr auf 962.375 Personen, und die Aktien der Gesellschaft, die vorher für 96 Mk. angeboten waren, wurden nun leicht für 240 Mk. verkauft. Der jetzige tägliche Verkehr beläuft sich im Durchschnitt auf 14 000 Personen, welches einem jährlichen Verkehr von 5,100.000 Personen entspricht.

California Street Railway. Die dritte Seilbahn, die in San Francisco gebaut wurde, ist die California-Strassenbahn. Dieselbe beginnt an der Kreuzung der California- und Kearney-Strasse und endet in die Central-Avenue; die ganze Länge ist 3660 m. Das Längenprofil, Fig. 8, Taf. XII zeigt, dass zwei Berge überstiegen werden müssen; dieselben liegen 79.5 m, resp. 71.6 m über dem Anfangspunkt, während das dazwischen gelegene Thal 38.1 m über demselben gelegen ist.

Die Steigungen dieser Bahn sind stellenweise sehr steil; die Maximal-Steigung ist 182‰ und die nächste kleinere 162‰.

Das Maschinenhaus befindet sich an der Ecke der California- und Larkin-Strasse, im ersten Thal und 1236 m von der Kearney-Strasse entfernt. Es sind zwei unabhängige endlose Seile im Gebrauch; das eine läuft von der Kearney-Strasse bis zum Maschinenhaus und zurück und das andere von dort bis zum West-Ende der Bahn; das erste Seil hat eine Länge von 2984 m und das zweite von 5182 m. Die Seile haben 10 cm im Umfang und bestehen aus sechs, von je 19 Bessemer-Stahlsträngen gemachten Strängen. Die Geschwindigkeit des Seiles ist 163 m pro Minute oder 9.78 km in der Stunde. Die durchschnittliche Dauer eines Seiles ist ein Jahr; ein Seil hat sogar 22 Monate gedauert.

Das Maschinenhaus ist drei Stockwerke hoch und hat 21.3 m und 24.4 m Frontlänge. Das Kellergeschoss ist 9.4 m tief unter der Strasse, 33.4 m lang, 9.14 m breit und dient als Maschinenraum.

Die vertikalen Dampfmaschinen haben bei einem Cylinderdurchmesser von 60 cm und einem Kolbenhube von 79.2 cm ungefähr 200 Pferdek. Die Kesselspannung beträgt im Durchschnitt 5 Atm.

Um die Maschine und das Seil allein in Bewegung zu setzen, ist eine Dampfspannung von 1 Atm. genügend. Der tägliche Kohlenverbrauch ist 4854 kg in 19 Arbeitsstunden. 14 Personenwagen und ebensoviele Dummy sind gleichzeitig im Betriebe; sie folgen sich jede fünf Minuten und machen 225 Rundfahrten pro Tag. Ein Wagen wiegt 1820 und ein Dummy 1360 kg.

Fig. 12 stellt den an dieser Bahn gebrauchten Greifer dar. Die Konstruktion desselben ist ähnlich jener der Sutter Street-Bahn, jedoch einfacher, da die beweglichen Theile fast alle über der Strasse liegen und deshalb leichter zugänglich sind. Das Gelenk *L* überträgt die Bewegung des Hebels *l* auf die Backen des Greifers *A* und *B*. Der innere Rahmen *b b*

und die fest damit verbundene untere Backe des Greifers *B* ist durch das Eisen *P* und die Bolzen *p* und *p'* fest auf dem Boden des Dummy befestigt. Die obere Backe *A* des Greifers kann durch den Hebel *l* aufwärts und abwärts bewegt werden, wodurch das Seil losgelassen und gefasst werden kann. Die Backen des Greifers sind aus Gussstahl gemacht, der Rahmen, die verzahnten Quadranten und die Hebel aus Schmiedeisen. Die inneren Flächen der Backen bestehen aus weichem Eisen, die angelöthet sind. Holz, Messing und andere Metalle sind für diesen Zweck versucht worden, aber weiches Eisen hat sich noch am zweckentsprechendsten bewiesen.

Das durchschnittliche Gewicht dieses Greifapparates ist 114 kg und die Kosten ungefähr 400 Mark. Der Apparat ist in der Mitte des Dummy angebracht. Dieser Greifer hat keine konischen Rollen, wie der Sutter Street-Greifer, welche eine horizontale Ablenkung des Seiles gestatten würden. Wo ein Ausweichen von Seilrollen nothwendig ist, geschieht dies durch

Fig. 12.

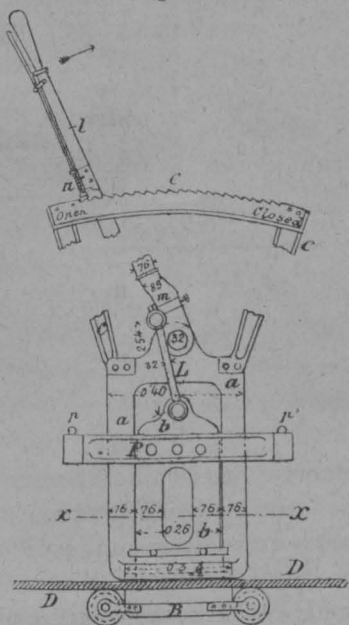
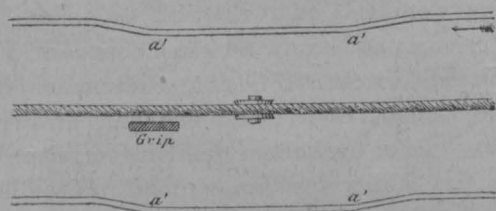


Fig. 13.



kurze Geleiskurven, Fig. 13, wobei das Seil dann natürlich losgelassen wird.

Fig. 14.

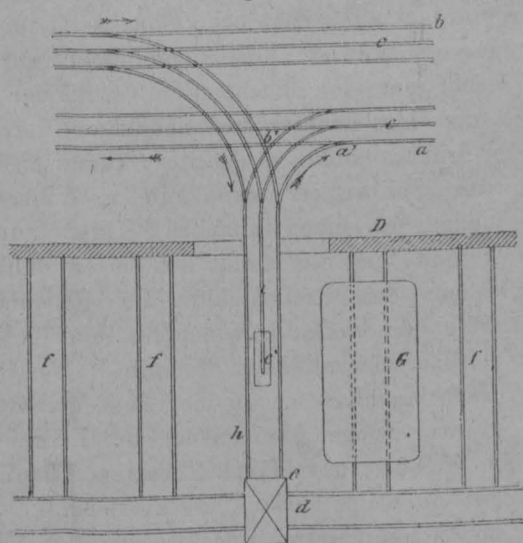


Fig. 14 zeigt die Geleisanlage vor dem Maschinenhaus, das auch Wagenremise ist. *D* ist die Aussenwand

dieses Gebäudes; der Fussboden desselben ist mit den nöthigen Geleisen und Drehscheiben versehen; Aufzüge vermitteln den Verkehr mit den oberen Stockwerken der Wagenremise. *d* ist eine Schiebebühne, vermittelt welcher die Wagen auf die einzelnen Geleise vertheilt werden. Der Greifer wird durch die Oeffnung *c'* in die Zweigröhre der Strassenröhre niedergelassen.

Da die California-Strasse sehr steil ist, musste am Ende eine horizontale Plattform errichtet werden, auf welcher der Personenwagen aufläuft; der Dummy steht auf dem aufsteigenden Geleise. Fig. 15.

Fig. 15.

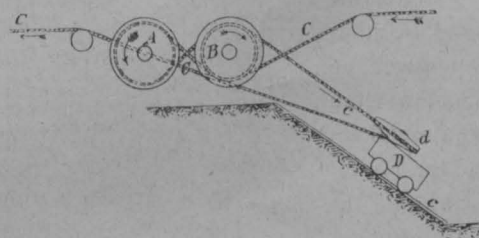


Die vertikalen Dampfmaschinen eignen sich eigentlich nicht gut für Drahtseilstrassenbahnen, da der nicht vollkommen gleichmässige Gang der Maschine deutlich auf den Wagen gefühlt wird.

Im Gegensatz zu anderen Seilbahnen ist hier die Antriebsmaschine in einem Gewölbe direkt unter der Strasse aufgestellt, so dass die Seile von den Trommeln unmittelbar auf die Rollen in den Strassenröhren übergehen, ohne seitlich unter rechten Winkeln abgelenkt zu werden.

Anstatt das Seil über ein Greifrad, wie in der Clay-Strassen-Installation zu führen, oder es mehrere Male um eine Trommel zu winden, wie in der Sutter-Strassenanlage, geht es hier nur je einmal um zwei Räder, wie in Fig. 16 zu sehen ist. *A* und *B* sind zwei mit Rinnen versehene Treibräder, beide in derselben Vertikalebene aufgestellt und beide durch dieselbe Zahnradvorlage betrieben.

Fig. 16.



Die Rinnen dieser Räder haben zur Schonung des Seiles ein Holzfutter. Es sind zwei Paare solcher Räder im Gebrauch, eines für das östliche und das andere für das westliche Seil. Die Spannvorrichtung ist etwas primitiv und nicht ganz befriedigend. Sie besteht aus einem Rollgestell, auf welchem die horizontale Seilscheibe *d* angebracht ist, und welches auf einem steil abfallenden Geleise läuft. Das Rollgestell *D* ist mit altem Eisen beladen und erhält das Seil in Spannung.

Die Geary Street Railroad. Im März 1880 wurde die vierte Seilbahn eröffnet. Dieselbe läuft vom



Knotenpunkt der Market-, Kearney- und Geary-Strasse, einem der belebtesten Punkte der Stadt, entlang Geary-Strasse bis an das Ende derselben (Central Avenue). Die Geary-Strasse ist ebenso wie der von der Seilbahn durchfahrene Theil der California-Strasse ausschliesslich mit Privathäusern bebaut und verbindet einen sehr schönen Stadttheil mit dem Geschäftsviertel. Die Steigungen dieser Bahn sind verhältnissmässig sehr gering, wie aus dem Längenprofil, Fig. 9 auf Taf. XII, ersehen werden kann. Die Länge der Bahn ist 4025 m; die Geleisweite 152 m. Der höchste Punkt ist 106.6 m höher als der Anfangspunkt auf der Kearney-Strasse.

Die Konstruktion der Strassenröhre wird aus Fig. 17 und 18 ersichtlich. Die lichte Weite derselben ist sehr klein, 17.5 cm  $\times$  32.5 cm. Die Rahmen sind aus Gusseisen, die Schlitzseisen sind umgekehrte Eisenbahnschienen. Die Röhre selbst war anfänglich zum grössten Theil aus Holz so hergestellt, dass sie allmählig durch Béton ersetzt werden konnte. Die Schienen *EE* liegen auf hölzernen Langschwelen, die in Stühlen *ee* liegen, welche mit den Rahmen der Röhre durch die Eisen *f* und *g* verbunden sind. Die das Seil in der Röhre leitenden Rollen *H* sind verschieden von denen anderer Bahnen. Der Greifer ist nicht L-förmig, sondern ergreift und hält das Seil in der durch den Schlitz gelegten vertikalen Ebene. Um das Seil von dem durch den Schlitz fallenden Staub und Schmutz zu schützen, sind Tragräder besonderer Konstruktion eingesetzt. Dieselben sind 7.5 cm breit und haben geneigte Umfangsflächen und vertikale Flanschen. Die mit *Z* bezeichnete vertikale Linie ist die gemeinschaftliche Mittellinie des Schlitzes, der Greiferstange, der Greifer, Backen und des Seiles, wenn letzteres vom Greifer gehalten wird. *Y* zeigt die Lage des Seiles, wenn es frei über das Rad *H* läuft. Diese Vorrichtung zwingt das Seil, wenn der Wagen vorbeigefahren ist, in den tiefsten Punkt des Radkranzes zu fallen, wo es durch das darüber befindliche Schlitzseisen gegen einfallenden Schmutz geschützt wird.

Fig. 17.

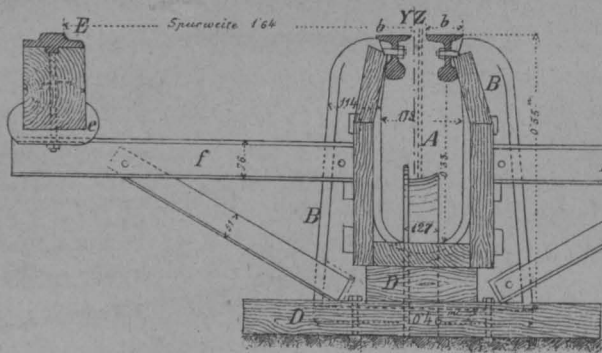


Fig. 20.

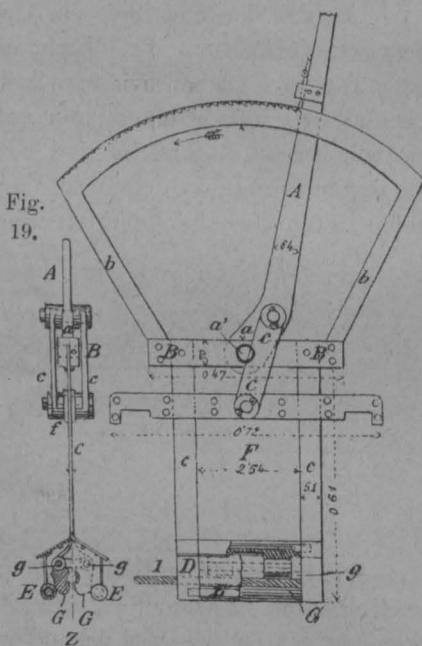
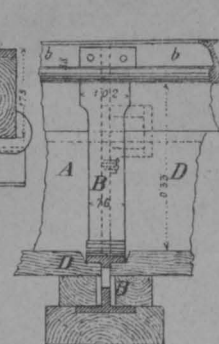


Fig. 19 und 20 zeigen den Greifapparat von der Seite und von Vorne. *A* ist der Hebel, der den Apparat schliesst und öffnet; sein unteres Ende *a* ist etwas gebogen und dreht sich um die Achse *a'*, welche in dem Flacheisen *B* eingesetzt ist. *B* ist mit dem verzahnten Rahmen *b* verbunden. Mit dem Hebel *A* ist ferner ein kurzes Doppelgelenk *c* verbunden. Das untere Ende desselben ist an ein

Fig. 18.



Flacheisen *f* befestigt, das auf dem

Dummy festgeschraubt ist. Mit dem Querstücke *B* stehen die vertikalen Arme *cc*, in Verbindung, die an ihrem unteren Ende in das Stück *DD* ausgehen, welches horizontale Rollen *EE* trägt. Das Blech *F* an dessen

unterem Ende die Backen *GG* des Greifers befestigt sind, ist an dem Flacheisen *f* angeschraubt. Die Backen *GG* werden geschlossen und geöffnet durch das Heben oder Niederlassen der Rollen *EE*. An der Innenseite der Backen sind konkave Stücke von weichem Gusseisen, die leicht ausgewechselt werden können, wenn sie durch das Seil zu sehr abgenutzt sind. Das Seil läuft ganz frei zwischen den geöffneten Backen. Die Figuren zeigen den Greifer geöffnet. Um denselben zu schliessen, muss der Hebel *A* von rechts nach links bewegt werden. Dadurch wird der obere Theil des Apparates gehoben und damit auch die Rollen *EE*. Dieselben pressen dann die Backen *GG* näher zusammen, bis sie das Seil ergriffen haben. Wie schon erwähnt, sind die Backen und das von ihnen gehaltene Seil in derselben Vertikalebene, wie der Schlitz der Strassenröhre. Wenn die Wagen in Bewegung sind und das Seil vom Greifer erfasst ist, dann befindet sich der Theil des Seiles gerade unter der Oeffnung des Schlitzes. Dieser Umstand ist oft als ein Nachtheil dieses Greifers erwähnt worden, jedoch haben die Betriebserfahrungen bis jetzt noch keine Anstände ergeben. Es muss nur eine gewisse Vorsicht gebraucht werden, dass das Seil nicht aus den Backen des vertikalen Greifers herausfällt, was hier leichter geschehen kann, als bei den L-förmigen Greifern. Sollte es jedoch vorkommen, dass der „Gripman“ das Seil verliert, dann kann er es rasch wieder ergreifen, indem er einen einfachen Haken durch den Schlitz steckt und das Seil damit hebt, bis er fühlt, dass es wieder zwischen den Backen läuft. Das Fallenlassen und Wiederergreifen des Seiles ist jedenfalls einfacher bei den vertikalen als bei den seitlichen Greifern.

Das Maschinenhaus ist an der Ecke der Geary- und Buchanan-Strasse gelegen, 2.5 km von der Kearney-Strasse, und ist eine der best ausgeführten Anlagen. Das Gebäude, grösstentheils aus Holz gebaut, ist zweistöckig. Im Erdgeschoss sind Wagenremisen und Bureaux; die Maschinen befinden sich im Kellergeschoss. Der Fussboden des Erdgeschosses erstreckt sich nicht über den Maschinenraum im Kellergeschoss, sondern eine durch ein Geländer umgebene



grosse Oeffnung lässt Licht und frische Luft in den unteren Raum gelangen. Das obere Stockwerk wird auch als Wagenremise gebraucht.

Die Installation besteht aus zwei horizontalen Dampfmaschinen, von denen eine in Reserve gehalten wird. Der Durchmesser des Dampfeylinders ist 45 cm und der Hub 86.5 cm; die durchschnittliche Kolbengeschwindigkeit 120 m pro Minute. Es sind drei stählerne Kessel im Gebrauch, sie sind 4.9 m lang und 1.42 m im Durchmesser, und haben jeder 63 stählerne, 75 mm weite Heizröhren. Die durchschnittliche Betriebsdampfspannung ist 4.92 kg pro 1 cm<sup>2</sup>; 0.7 kg sind genügend, um die Maschine und das Seil in Bewegung zu setzen. Der durchschnittliche tägliche Kohlenverbrauch — 19 Arbeitsstunden — beträgt 4650 kg. Das Gewicht eines Wagens ist 1814 kg und das eines Dummys 2180 kg. Das grössere Gewicht des letzteren ist durch die schweren Winkeleisen, die in seiner Konstruktion gebraucht wurden, verursacht. 18—20 Wagen laufen täglich, die Zeitintervalle variiren von sechs zu drei Minuten, je nach der Tageszeit. Zwei Seile werden von der Maschine betrieben, das eine vom Maschinenhaus nach der Kearney-Strasse, 5060 m lang, und das andere vom Maschinenhaus nach dem West-Ende der Bahn, 3353 m lang. Die Seile sind aus sechs Strängen, jeder 19 Stahldrähte enthaltend, gemacht. Die Kraftübertragung von der Dampfmaschine auf das endlose Seil geschieht ungefähr in derselben Weise wie in der Sutter-Strassenbahn, doch ist eine Seilübertragung angewandt, welche den Vorzug hat, dass sie geräuschloser arbeitet als die Zahnräder.

Die durchschnittliche Gebrauchsdauer eines Seiles dieser Bahn ist 9½ Monate; einige Seile haben länger ausgehalten. Die Seilgeschwindigkeit beträgt 10 km pro Stunde, die tägliche Arbeitszeit 19½ Stunden.

Im Allgemeinen ist die Geary-Strassenbahn ein Beispiel einer soliden und billigen Anlage. Der Bau der Bahn und deren Ausrüstung kostete 124.000 Mk. pro Kilometer. Der Emissionskurs der Aktien im Nominalwerthe von 100 Doll. war 37½ Doll. (150 Mk.). Heute stehen die Aktien auf 105 Doll. oder 420 Mk. Seit der Eröffnung ist jeden Monat eine Dividende von 50 Cents (2 Mk.) pro Aktie bezahlt und sind ausserdem 240.000 Mk. zur Bildung eines Reservefonds zurückgelegt worden.

Die Geary-Strassenbahn ist ein lehrreiches Beispiel hinsichtlich der Sicherheit und Einfachheit des Betriebes der Seilbahnen, wie aus folgenden Bemerkungen hervorgeht.

In geringer Entfernung von ihrem Anfangspunkte wird das Geleise dieser Bahn durch das doppelte Geleise der North Beach and Mission-Pferdebahn durchkreuzt, während gleichzeitig eine Zweiglinie dieser Bahn in die Geleise der Geary-Strassenbahn einmündet und dasselbe auf eine Länge von 350 m, bis zur Stockton-Strasse, benützt. 126 m vom Anfangspunkt kreuzt eine Linie der City Railroad und der Central Railroad die Geary-Strassenbahn. In der Stockton-Strasse mündet ein Zweig der Central Railroad in das Geleise der Geary-Strassenbahn ein und benützt dasselbe auf eine Länge von 400 m. Dann kommt die schon erwähnte Kreuzung der Larkin-Strassenbahn. 252 m westlich vom Maschinenhaus folgt die Kreuzung mit einem Zweige der

Central-Strassenbahn in der Fillmore-Strasse. Alle diese Bahnen sind Pferdebahnen. Trotz dieser zahlreichen Kreuzungen und der theilweise gemeinschaftlichen Benützung desselben Geleises seitens anderer Bahnen sind bis jetzt keine Unfälle vorgekommen.

Um die Strassenseilröhren so rein wie möglich zu halten, sind dieselben in Abständen von je 12 m durch 8 cm weite Thonröhren mit den städtischen Abzugskanälen verbunden.

Die Fortsetzung der Geary-Strassenbahn von der Central Avenue an bis zum Park wird mit einem Dampfswagen betrieben.

Union Street, Presidio & Ferries Railroad. Diese Bahn ist die nächste nach der Geary-Strassenbahn. Sie beginnt an der Abzweigung der Montgomery-Avenue von der Montgomery-Strasse; läuft entlang der Montgomery-Avenue bis zur Kreuzung derselben mit der Union-Strasse und folgt dieser bis zur Kreuzung derselben mit der Steiner-Strasse, wo die Seilbahn endet und in einer Bahn mit Dampfwagenbetrieb ihre Fortsetzung findet, die zum Presidio führt, der Hauptmilitärstation der Vereinigten Staaten-Armee an der Pacific-Küste.

Das in Fig. 5 auf Taf. XI dargestellte Längenprofil zeigt, dass die Steigungen dieser Bahn theilweise sehr bedeutend sind, und zwar ist die grösste Steigung 200‰ zwischen der Polk- und Larkin-Strasse. Die Gesamtlänge der Linie ist 3200 m, die Spurweite 1.52 m. Die Strassenröhre ist aus gusseisernen Rahmen in Verbindung mit Streben aus Walzeisen und Verbindungsstücken aus Eisenblech hergestellt. Die Konstruktion und Ausstattung dieser Linie ist jener der schon beschriebenen Bahnen sehr ähnlich. Der Greifer ist genau derselbe wie bei der Clay-Strassenbahn, hat aber etwas stärkere Dimensionen. Ein Personenwagen wiegt 1814 kg und ein Dummy ebensoviel. Jede fünf Minuten läuft ein Wagen in jeder Richtung, und werden in 19 Betriebsstunden 220 Rundfahrten gemacht.

Das Maschinenhaus liegt in der Mitte der Linie, zwischen Leavenworth- und Hyde-Strasse. Je ein Seil läuft von hier nach den beiden Endpunkten der Bahn, das eine ist 3200 m und das andere 3355 m lang; sie messen 7.5 cm im Umfang. Die mittlere Geschwindigkeit beträgt 185 m pro Minute.

Die Maschinenanlage ist jener der anderen Bahnen ähnlich. Die Uebertragung der Kraft geschieht durch lederne Riemen, die nicht so geräuschlos arbeiten wie die Seiltransmission an der Geary-Strassenbahn. Das Triebrad ist dasselbe wie das der Clay-Strassenbahn.

Diese Bahn hat mehrere ernstliche Unfälle gehabt. Im November 1885 brach die Stange eines Greifers gerade als der Wagen auf der steilsten Strecke war. Wie Augenzeugen berichten, verlor der Kondukteur seine Ruhe und lief nach dem anderen Ende des Wagens, um die Radbremse anzuwenden, während eine ebenso starke Bremse auf der vorderen Plattform in Armeslänge von seinem ersten Standpunkt zu erreichen gewesen wäre. Die Folge war, dass die zu spät in Thätigkeit gesetzte Bremse den Wagen nicht mehr zum Stillstand bringen konnte und dieser mit grosser Wucht in einen unglücklicherweise gerade über die Bahn

passirenden schweren Frachtwagen hineinfuhr, wobei mehrere Personen verletzt wurden. Ein ähnlicher Unfall passirte früher auf derselben Stelle. Beide Unfälle waren durch das Brechen des Greifers verursacht.

Die Linien der Market Street Cable Company. Dieses Seilbahnsystem besteht aus einer Hauptlinie, der Market Street-Line, und vier Zweiglinien, nämlich der McAllister-, Hayes-, der Haight- und der Valencia-Strassenbahn.

Market-Strasse ist die bedeutendste Strasse San Franciscos, sie ist direkt mit allen anderen Hauptstrassen verbunden. Valencia-Strasse ist eine wichtige Geschäftsstrasse und die Umgegend derselben ist dicht bevölkert. Die anderen drei Strassen liegen in der sogenannten „Western Addition“ und enden alle nahe am „Golden Gate Park“, dem einzigen grossen öffentlichen Parke San Franciscos, der an Sonnabenden und Sonntagen von Tausenden Menschen besucht wird. Alle diese Bahnen haben sehr viel dazu beigetragen, früher aus dem Verkehre ganz ausgeschlossene Theile der Stadt sehr werthvoll zu machen. Dieselbe Gesellschaft hat auch mehrere Pferdebahnen, die mit dem Seilbahnsystem direkt verbunden sind.

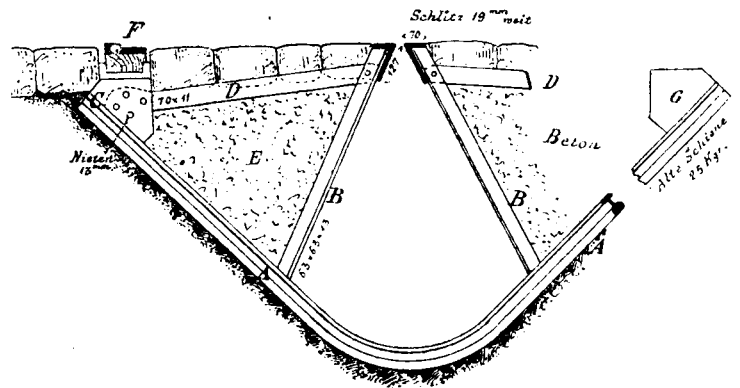
Die Fahrt auf sämtlichen Strassenbahnen San Franciscos, u. zw. auf je einer Betriebslinie kostet 5 Cents (20 Pfg.) pro Person. Bei den Bahnen der Market Street Cable Company ist den Passagieren auch ein Uebergang auf die in verschiedenen Richtungen gehenden Zweiglinien gestattet, ohne neu bezahlen zu müssen. Diese Uebergangsscheine gelten jedoch nur für den Tag und die Linie, für welche sie ausgegeben sind. Es können hienach ziemlich grosse Strecken für einen sehr kleinen Geldbetrag zurückgelegt werden. Fünfcents-Stücke sind nämlich bislang noch die kleinsten Münzen, welche sich an der westlichen Küste im Umlaufe befinden.

Die Steigungen dieser Seilbahnlinien sind verhältnissmässig gering. Die Market-Strasse hat eine grösste Steigung von  $35\text{‰}$ , die Haight-Strasse, McAllister-Strasse und Hayes-Strasse von  $125\text{‰}$ . Der längste Theil der Market- und die ganze Valencia-Strasse ist nahezu horizontal. Der ungemein erfolgreiche Betrieb dieser Bahnen beweist, dass Seilbahnen auch auf horizontalen Strassen allen anderen Strassenbahnsystemen überlegen sind. Drei der Linien werden von einer Maschinenanlage betrieben; dieselbe befindet sich an der Verbindung der Market und Valencia-Strasse und treibt die Seile der Market-, Valencia- und Haight-Strassenbahnen. Die McAllister- und Hayes-Strassenbahn werden jede durch eine besondere Anlage betrieben. Die der ersten befindet sich in dem Viertel zwischen der McAllister-, Fulton- und Lottstrasse und der Masonic Avenue. Die Bahn verlässt hier die McAllister-Strasse wegen der dort befindlichen Friedhöfe, biegt in die Fulton-Strasse ein und folgt derselben bis zum Ende am Park. Diese Seilbahnen, die früher zumeist Pferdebahnen waren, wurden im August 1883 eröffnet, mit Ausnahme der Hayes-Strassenbahn, die am 1. Juni 1886 eröffnet wurde.

Die Strassenröhren dieser Bahnen sind sehr fest und gut gebaut. Fig. 21 ist ein Querschnitt. Der Hauptrahmen *AA* ist aus alten Schienen hergestellt, die mit dem Kopf nach unten in die entsprechende Form gebogen sind; er

trägt an den beiden Enden die Schienen *FF* des Geleises. Zwei geneigte an den Rahmen *A* angenietete und überdies durch die Flachschiene *DD* mit demselben verbundene Winkeleisen *BB* tragen die Winkel *cc*, die den Schlitz bilden.

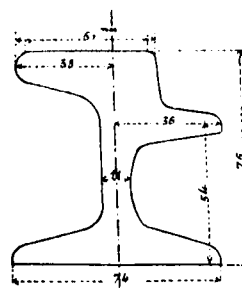
Fig. 21.



Die Entfernung je zweier Rahmen ist  $0.91\text{ m}$ . Die Röhre wurde in folgender Weise gebildet. In je  $2.73\text{ m}$  Abstand wurde ein  $3\text{ m}$  tiefer Aushub gemacht, in dem ein Block von Beton,  $0.4\text{ m}$  dick und  $1.52\text{ m}$  lang und breit, gelegt wurde. Diese Blöcke bilden das Fundament der Röhren. Im unteren Theile der Market-Strasse, welcher auf einer künstlichen Anschüttung läuft, mussten Pfähle getrieben werden. Nach dieser entsprechenden Vorbereitung der Fundamente wurden die eisernen Rahmen und die Schlitzisen auf die Bétonfläche gesetzt und hierauf wurde auch die verbindende Röhre durch Bétonfüllung hergestellt.

Die Schlitzisen sind ungleichschenklige schiefe Winkeleisen mit  $70$  und  $127\text{ mm}$  Schenkelbreite und  $15\text{ mm}$  Dicke; sie sind durch Bolzen an die diagonalen Eisen befestigt. Die Weite des Schlitzes ist  $19\text{ mm}$  und die Entfernung der unteren Enden der Schlitzisen beträgt  $137\text{ mm}$ .

Fig. 22.



Die in diesem Bahnsystem gebrauchten Stahlschienen, Fig. 22, haben denselben Querschnitt wie jene der California-Strassenbahn; sie wiegen  $17\text{ kg}$  pro Meter. Die  $9.84\text{ m}$  langen Schienen sind durch Laschen miteinander verbunden.

Die kleinen Seilrollen, die das Seil in den Strassenröhren unterstützen, sind in Abständen von je  $9.14\text{ m}$  angebracht.

Die Rollen und ihre Achsen sind in einem Stück gegossen; der äussere Durchmesser ist  $37.5\text{ cm}$  und der kleinere Durchmesser  $33.75\text{ cm}$ ; die Achsen haben  $3.13\text{ cm}$  im Durchmesser und laufen auf Lagern aus lignum vitae. Sie sind in einer kleinen Vertiefung eingesetzt und durch das Oeffnen einer eisernen Platte,  $0.3\text{ m}$  breit und  $1.2\text{ m}$  lang, die eben mit dem Strassenpflaster liegt, zugänglich. An Punkten, wo die Steigung der Strassen wechselt, wird das Seil durch oberhalb desselben angebrachte Rollen niedergehalten.

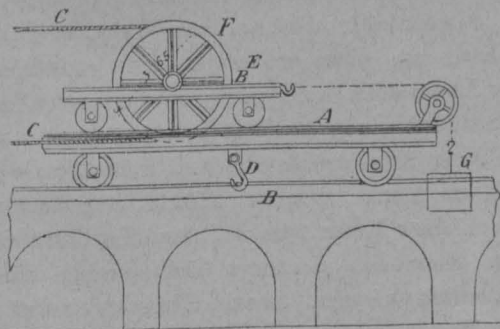
Die Seile wurden früher von Roebling & Sons, Trenton, New-Jersey, bezogen. Jetzt macht die Gesellschaft ihre eigenen Seile in dem Maschinenhause an der

Valencia-Strasse, wo eine vertikale Seilmaschine errichtet ist. Die Seile bestehen aus 6 Strängen von je 19 Stahl-drähten und einem Manilla-Seile als Kern; der Durchmesser der fertigen Seile ist 37 mm, Umfang 100 mm, das Gewicht 3.3 kg pro lfd. Mtr.

Die Geschwindigkeit der Hauptseile ist im Durchschnitt 228.6 m pro Minute oder 12.9 km in der Stunde. Es sind sechs einzelne Seile im Betrieb, nämlich: Market-Strasse 7358 m, Valencia-Strasse 6159 m, Haight-Strasse 6101 m, McAllister 6266 m und 1705 m, Hayes-Street 6900 m.

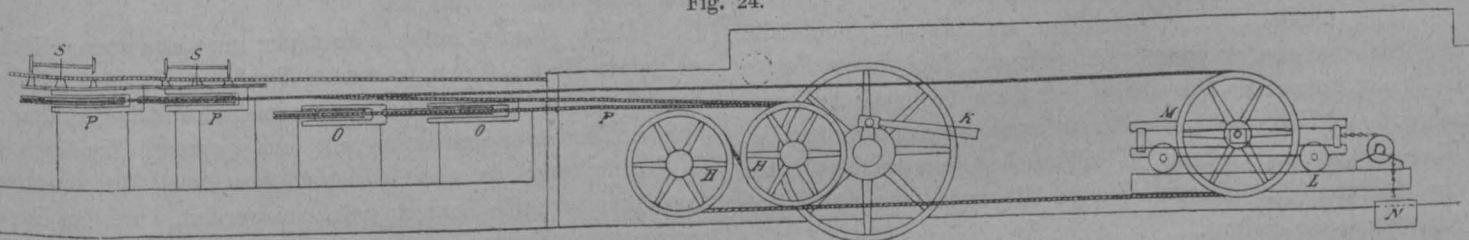
Die ersten drei Linien werden vom Maschinenhaus an der Valencia-Strasse betrieben. Zwei Paar Dampfmaschinen sind hier aufgestellt, von denen nur ein Paar im Betrieb ist, während das andere in Reserve bleibt. Jede Dampfmaschine hat zwei Cylinder, Hochdruck und Niederdruck, deren bezügliche Durchmesser und Hubhöhe  $86.5 \times 122$  cm und  $61.0 \times 122$  cm sind. Der Inhalt des Niederdruckcylinders ist doppelt so gross als jener des Hochdruckcylinders; sie sind direkt miteinander verbunden.

Fig. 23.



Jedes Paar Dampfmaschinen liefert 400 Pferdek., kann aber 700 liefern. Das auf der Kurbelwelle sitzende Zahnrad (Winkelzähne) hat einen Durchmesser von 1.224 m und eine Breite von 51 cm; es greift in ein anderes Zahnrad von 3.81 m Durchmesser. Dies greift wieder in ein gleiches Zahnrad. Auf der Achse eines jeden dieser Zahnräder sind zwei Seiltrommeln aufgekeilt. Das Seil läuft über dieselben ebenso wie in der California-Strassenbahn-Installation, nämlich in der Form einer liegenden 8.

Fig. 24.



Die Seiltrommeln haben einen Durchmesser von 3.81 Meter; die Rinnen, in denen das Seil läuft, sind mit Polstern von Ahornholz ausgelegt. Dies und der Spannungsapparat zusammen geben genügend Reibung für die grosse Last eines 7315 m langen Seiles mit darangehängten beladenen Wagen. Die Dampfmaschinen-Paare sind 6 m voneinander entfernt aufgestellt. Vier Kessel, Babcock & Willcox' Patent, liefern den nöthigen Dampf. Jeder derselben ist für 250 Pferdek. dimensioniert.

Fig. 23 zeigt die Anordnung des Spannungsapparates.

A ist ein grosser, schwerer Wagen, welcher auf dem durch Pfeiler aus Mauerwerk unterstützten Geleise B läuft. Auf diesen Wagen ist ein kleinerer gestellt. Das Geleise, auf welchem der untere Wagen hin- und hergeschoben werden kann, ist 51 m lang, so dass 102 m Seil aufgenommen werden können. Auf dem kleineren oberen Wagen ist eine vertikale Seilscheibe F, um welche das Seil läuft; dieser Wagen kann sich frei auf dem unteren bewegen und wird durch ein Gegengewicht G gezogen, wodurch die kleinen Längenänderungen des Seiles, die durch die Temperaturwechsel verursacht werden, ausgeglichen werden. Wenn das Gewicht G für längere Zeit im Stillstand bleibt, so ist dies ein Anzeichen, dass der obere Wagen bereits seine äusserste Stellung erreicht hat und dass das Seil permanent länger geworden ist. Es wird dann der untere Wagen vermittelst eines Flaschenzuges vorwärts gezogen, die Verlängerung des Seiles hiedurch aufgenommen und hierauf der Wagen durch die Haken D festgestellt.

Der Antrieb der Seile ist im Vertikalschnitt in Fig. 24 dargestellt. Die zwei Triebräder HH, jedes 3.66 m Durchmesser, stehen in einer Vertikalebene. Das von der Strasse kommende Seil läuft etwas abwärts und auf das hintere Triebrad, dessen Achse 15 cm höher liegt, als jene des vorderen Rades, hierauf über das vordere Triebrad und von da auf das Rad M des Spannungsapparates. Das Seil umwindet nur drei Viertel des Umfanges eines jeden dieser Triebräder, also im Ganzen den einundeinhalbfachen Umfang, und doch genügt dies, um das 7484 m Seil sammt den angehängten schweren Lasten in Bewegung zu setzen.

In Fig. 24 bezeichnet F das Seil der Market-Strassenbahn, O jenes der Haight-, P das kurze Seil für die Kurve zwischen der Market- und Valencia-Strasse. S die Wagen auf den Geleisen.

Das Maschinenhaus enthält im Kellergeschoss die Kesselanlagen, Dampfmaschinen, Spannungsapparate etc. Im Erdgeschoisse sind Werkstätten und im oberen Stockwerke Geschäftszimmer. Im Hofe befinden sich Schuppen, in denen über 2000 t Kohlen liegen. Der Schornstein ist 53.2 m hoch, das Fundament desselben liegt 3 m tiefer als

der Fussboden des Kesselhauses und 8 m unter dem Strassenpflaster; es ist in der Form eines Quadrates von 10 m Seite bis zu einer Höhe von 3 m über dem Kesselhausfussboden aufgebaut. Der Schornstein selbst hat im Querschnitte die Form eines achteckigen Sternes. Die Zugfläche des Schornsteines beträgt 4 m<sup>2</sup>.

Die McAllister- und Hayes-Strassenbahn werden jede durch eine eigene Installation betrieben.

Fig. 25 stellt den Greifer dieser Bahnen dar. Derselbe besteht aus zwei Rahmen AA und BB, von denen



der eine in den anderen auf- und abgleiten kann. Der äussere Rahmen *AA* ist durch Bolzen *CC* mit dem Vordertheil des Dummy unveränderlich verbunden. Am unteren Ende dieses Rahmens ist die untere Backe *D* angebracht. Der innere bewegliche Rahmen *BB*, welcher sich in dem Quadranten *FF* fortsetzt, steht mit dem Hebel *G* und dem Adjustirgelenk *H* in Verbindung.

Am unteren Ende des Rahmens *BB* befindet sich die obere Backe *E*. Die die Backen tragenden Rahmen gehen durch den Schlitz der Strassenröhre. Die Führungseisen *KK* halten den Rahmen *BB* in richtiger Stellung; sie sind mit den äusseren Rahmen fest verbunden und auf dem Gestell des Wagens, nicht auf den Wagen selbst befestigt. Diese Anordnung macht es möglich, dass der Wagen auf Federn montirt werden kann, ohne die federnde Bewegung auf den Greifer und durch denselben auf das Seil zu übertragen.

Wenn der Greifer geöffnet ist, dann läuft das Seil über die Rollen *LL*, die aus gehärtetem Eisen gemacht und mit Spurrinnen versehen sind.

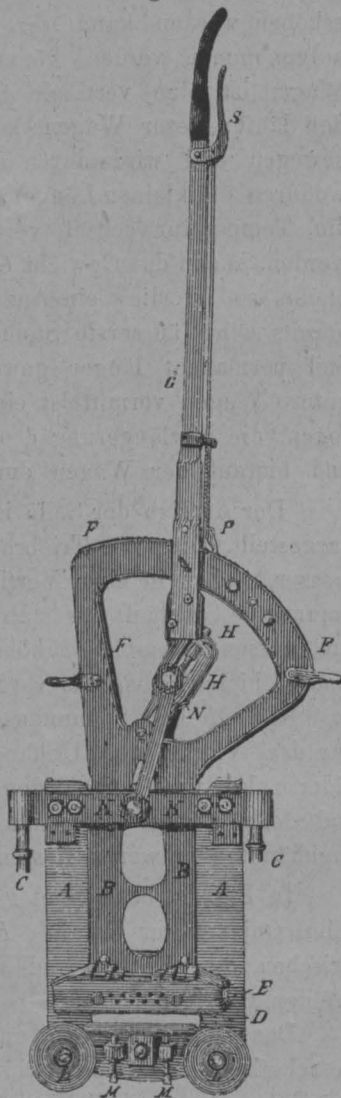
Soll der Wagen in Bewegung gesetzt werden, so wird der Hebel *G* zurückgezogen. Eine durch den Griff *S* bewegte Klaue *P*, welche in den gezahnten Quadranten eingreift, fixirt den Hebel in seiner Stellung.

Die beiden Backen bestehen aus Messing und sind der Seilrundung entsprechend geformt. Die untere Backe ist etwas kürzer als die obere und kann durch die Adjustirschrauben *MM* gehoben werden, wenn sie etwas abgenützt ist. Ebenso ist das Gelenk *N* adjustirbar eingerichtet, um die Stellung der oberen Backe *E* nach Maassgabe der Abnützung zu ändern.

Die Rahmen des Greifers sind aus Stahl gemacht. Phosphorbronze wurde versuchsweise gebraucht, aber zu weich befunden; gewöhnliches Gusseisen bewies sich als zu brüchig, Schmiedeeisen wieder zu biegsam. Nach den bestehenden Vorschriften darf der Schlitz nicht weiter als  $18\frac{3}{4}$  mm sein, was nicht viel Raum für den Greifer gibt, da nothwendigerweise auch noch ein kleiner Spielraum gegeben werden muss.

Dieser von dem bauleitenden Ingenieur Root konstruirte Greifer arbeitet sehr zufriedenstellend.

Fig. 25.



Eine sehr wichtige Frage, die gründlich untersucht wurde, als diese Gesellschaft den Bau ihrer Linien begann, betraf die Konstruktion der Wagen. Es war auf einen sehr starken Verkehr zu rechnen, besonders Morgens und Abends, und für diesen hätten sich die auf den anderen Seilbahnen gebrauchten Wagen mit angekuppelten Dummy nicht genügend erwiesen. Auch die Frage der Umänderung der für die Pferdebahnen benützten Wagen musste erwogen werden, da eine grosse Anzahl derselben im Besitz der Gesellschaft war. Die Kosten der Umänderung stellten sich aber im Vergleich zu den ursprünglichen Kosten verhältnissmässig hoch.

Die auf den Linien dieser Gesellschaft verkehrenden Wagen zeigen eine von jenen der übrigen Seilbahnen abweichende Konstruktion. Wagen und Dummy sind hier vereinigt.

Der ganze Wagen ist 10.4 m lang und wiegt 4368 kg. Fig. 26 gibt ein Bild desselben. Der vordere Theil ist 4.27 m lang und an den Seiten offen. In der Mitte dieses offenen Theiles befinden sich der Greifapparat und die Bremshebel. Der „Gripman“ hat eine ungehinderte Aussicht nach vorne und nach beiden Seiten. An der Stirnseite sind vier Sitzplätze angeordnet; die vordere Wand ist in der Mitte durchbrochen, um eine grosse Laterne aufzunehmen. An den beiden Langseiten des Dummy sind bequeme nach aussen gekehrte Sitzbänke; vier kräftige hölzerne Stützen tragen das Dach; an ihrer Aussenseite und von ihnen etwas abstehend sind vertikale starke eiserne Röhren angebracht, welche dazu dienen, dass Leute, die auf dem Laufbrette, das entlang jeder Seite des Dummys läuft, stehen müssen, sich daran festhalten können. Diese Einrichtung ist eine entschiedene Verbesserung und eine grosse Hilfe für das schnelle und bequeme Auf- und Absteigen und für die Sicherheit der stehenden Passagiere. Die Sitze sind ziemlich hoch; das Fussbrett ist eine Stufe höher als das Laufbrett. Der andere Theil des Wagens ist geschlossen; rückwärts befindet sich der Eingang, entlang den Längsseiten sind Fenster. Der Kondukteur kann durch eine Schiebethüre in der vorderen Wand dieses geschlossenen Theiles in den Dummy treten, um die Fahrgelder einzusammeln. Passagiere dürfen hier nicht eintreten, da der Raum für den „Gripman“ nöthig ist.

Diese Wagen laufen sehr ruhig; sie haben vier Räder an jedem Ende, die in je einem Truckgestell befestigt sind, ähnlich wie bei den gewöhnlichen amerikanischen Eisenbahnwagen. Der Greifapparat ist mit dem vorderen Truckgestell in Verbindung; da der Radstand desselben sehr klein ist, so können scharfe Kurven befahren werden, ohne den Greifapparat zu affiziren.

Im Sommer werden auch ganz offene Wagen benützt. Auf dem Dache des Wagens ist eine lauttönende Glocke angebracht, mit welcher der Gripman die Warnungszeichen gibt, und mittelst welcher derselbe gleichzeitig die Halte- und Fahrsignale durch den Kondukteur erhält.

Am vorderen Ende des Wagens ist ein starkes horizontales Brett, das ebenso lang als der Wagen breit ist, und den Zweck hat, Hindernisse in der Bahn aus dem Wege zu räumen und dadurch auch das Ueberfahrenwerden von Personen zu verhindern. (Fig. 26.)



Die Zeichnungen, Fig. 27 und 28, zeigen die Konstruktion der Wagengestelle (truck) und des Greifers. Das hintere Wagengestell, Fig. 28, trägt die Geleisbremse A A und die Radbremsen B B. Das vordere Gestelle, Fig. 27, trägt den Greifapparat und die

Hebelübersetzung für die Bremsen. Die Stange E verbindet die Geleisbremse mit einem auf dem vorderen Gestelle angebrachten Hebel. Diese Radgestelle sind, ebenso wie die gewöhnlichen Eisenbahnwagen, durch einen einzigen Bolzen mit dem Wagenkasten verbunden. Die Bremsen sind sehr kräftig und können den Wagen innerhalb 3 m zum Stehen bringen. Die gewöhnlichen Radbremsen B B des hinteren Theiles des Wagens werden durch Handräder vom Kondukteur gehandhabt; das vordere Paar wird vom „Gripman“ durch den Druck des Fusses auf den Hebel G (Fig. 27) bewegt. Jedes Paar Bremsen ist unabhängig von dem anderen. Besonders wirksam sind die Geleisbremsen, welche selbst auf sehr steilen Neigungen, auf denen Wagen selbst mit ganz fest gebremsten Rädern heruntergleiten würden, ihren Dienst nicht versagen.

In Abständen von je 10 m ist eine Seilscheibe in der Strassenröhre angebracht, wodurch das Seil unterstützt wird. Achse und Scheibe bilden ein Gussstück; der Durchmesser, in den Flanschen ge-

messen, ist 37,5 cm und im tiefsten Punkt der Rille gemessen 34 cm. An einigen Stellen sind kleinere Scheiben von 22,5 cm Durchmesser gebraucht. Die Achsen haben

37,5 cm Durchmesser und 30 cm Länge, die Achsenlager sind 7 cm lang. Eine seitliche Verschiebung des Rades ist durch einen Ansatz an der Achse, der in einer entsprechenden Vertiefung des Achslagers läuft, verhindert. Die Achslager sind mit Lignum vitae gefüttert.

Eine solche

Seilscheibe wiegt 18 kg; sie dauern eine lange Zeit und zerbrechen selten. Um diese Seilscheiben leicht zugänglich zu machen, sind Oeffnungen in der Strassenröhre angebracht, deren Verschluss sehr kräftig sein muss, da schwere Frachtwagen darübergehen.

An Punkten, wo die Steigung der Bahn sich ändert, wird das Seil durch oberhalbgelegene Räder in richtiger Lage gehalten. Dieselben müssen so eingerichtet sein, dass der Greifer ungehindert passieren kann.

Die Einrichtung, welche sich an dieser Bahn findet, hat sich sehr gut bewährt. Dieselbe besteht in Folgendem: Das Seilrad ist an einem Ende eines horizontalen Armes befestigt; das andere Ende dieses Armes liegt nahe dem Schlitz der Strassenröhre und ist um einen festen Punkt

drehbar; ein Gegengewicht hält den Arm und das Rad in richtiger Lage zum Schlitz und über das Seil. Wenn ein

Fig. 26.

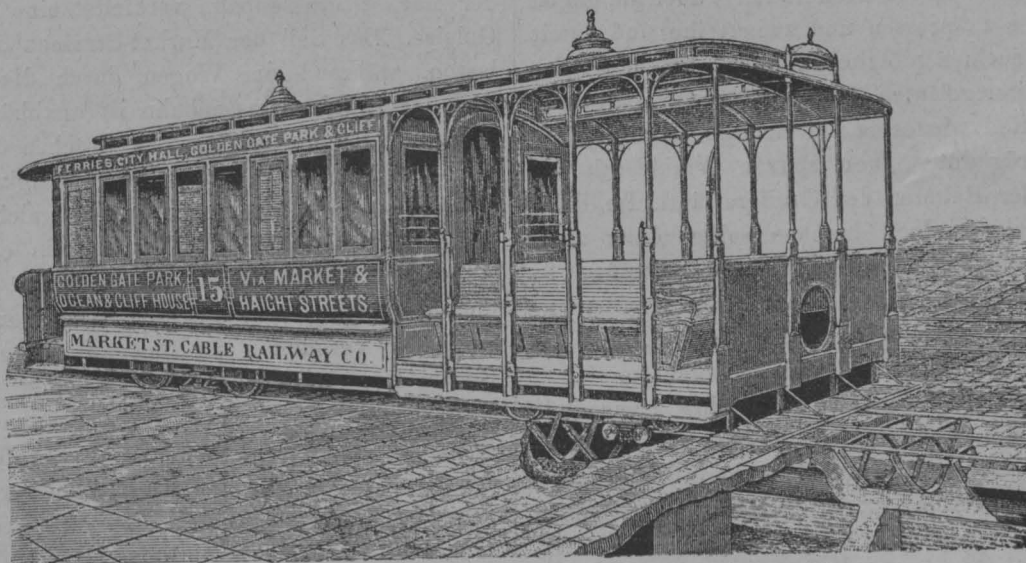


Fig. 27.

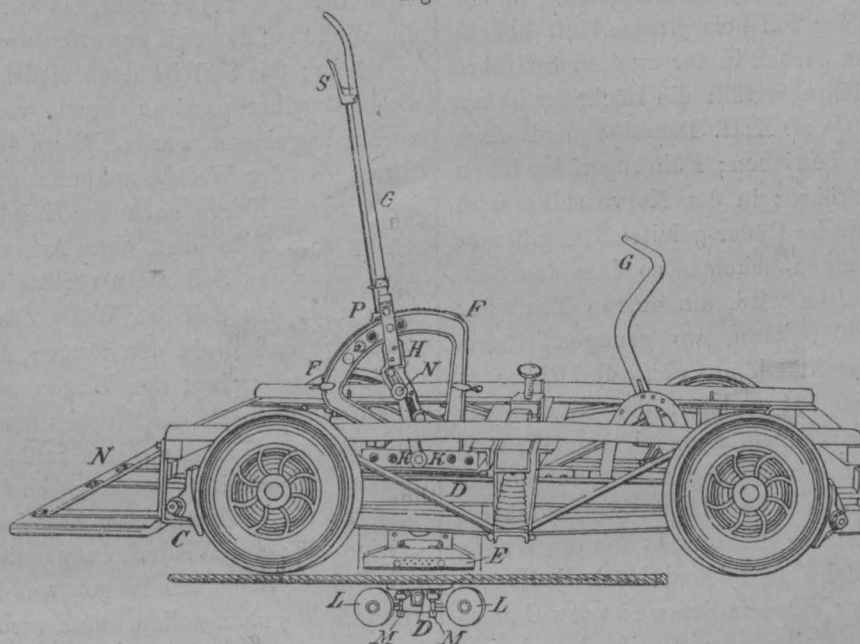
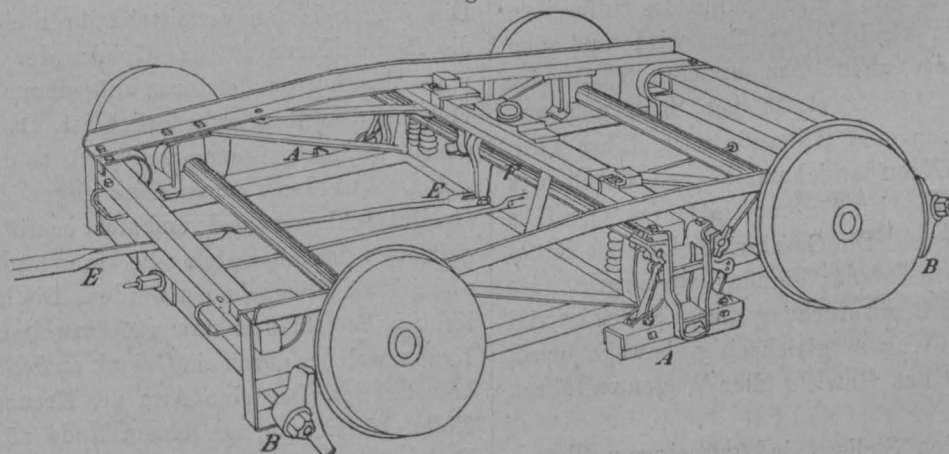


Fig. 28.



Wagen sich diesem Punkte nähert, dann hält der Greifer das Seil tief und presst es von dem Rade weg. Der Arm, auf dem das Rad befestigt ist, würde dann frei schwingen, wenn er nicht durch das Gegengewicht in seiner Lage gehalten würde. Der Rahmen des Greifers fängt aber an, gegen die Seite des Armes zu pressen und zwingt ihn und damit auch das Rad, ohne einen plötzlichen Stoss, bei Seite. Sobald der Greifer weiter gelaufen ist, bringt das Gegengewicht den Arm und das Rad wieder in die richtige Lage zurück. Der Arm liegt schräg unter einem spitzen Winkel mit der Ebene, in welche der Rahmen des Greifers läuft. Im Falle dass irgendein Theil desselben brechen sollte, dann zieht das Gegengewicht das Rad aus dem Wege des Greifers, so dass keine Gefahr für denselben besteht. Der Arm ist ungefähr  $0.75\text{ m}$  lang. Es muss hier bedacht werden, dass die Wagen nur in einer Richtung das Geleise befahren.

Dieses Bahnsystem schliesst auch eine horizontale Kurve ein, nämlich am Uebergang von Market- zur Valencia-Strasse, gerade gegenüber dem Maschinenhaus. Hier wird ein Hilfsseil angewendet, das in der Kurve mit der halben Geschwindigkeit des Hauptseiles läuft. Das Seil der Market-Strasse läuft über eine grosse Seilscheibe in's Maschinenhaus hinein und wieder zurück entlang der Market-Strasse in der zweiten Seilröhre; das Seil der Valencia-Strasse läuft ebenso in's Maschinenhaus und dann zurück in der zweiten Seilröhre der Valencia-Strasse. Das Hilfsseil füllt die Lücke zwischen den beiden Kabeln. Fig. 13 Taf. XIII. Dasselbe wird durch eine  $2\text{ m}$  grosse Seilscheibe betrieben; Führungsräder leiten es in und aus der Strassenröhre; in der Kurve selbst wird es durch 15 horizontale konische Räder geleitet. Die grössere Anzahl dieser liegt nach unten gekehrt, so dass das Seil, wenn es vom Greifer gehalten wird, am oberen Theil der konischen Räder vorbeilaufen kann, wo genügend Raum ist, so dass der Greifer passiren kann, ohne die Räder zu berühren. Das Hilfsseil ist  $131\text{ m}$  lang; der Radius der Kurve ist  $24.4\text{ m}$  und der Tangentenwinkel ungefähr  $55^\circ$ .

Das Hilfsseil läuft nur in einem Geleise und zieht nur die Wagen, die von der Valencia- nach der Market-Strasse fahren, durch die Kurve; in umgekehrter Richtung laufen die Wagen selbstthätig ihrer eigenen Schwere folgend durch die Kurve. Am Anfange der Kurve in der Valencia-Strasse ist das Geleise etwas ausgebogen, so dass das Seil aus dem Greifer losgelassen wird. Das Bewegungsmoment des Wagens führt denselben eine kurze Strecke weiter zum Anfangspunkt des Hilfsseiles, welches dann von dem Greifer ergriffen wird und den Wagen durch die Kurve zieht. Am anderen Ende der Kurve ist das Geleise wieder etwas bei Seite gebogen, wodurch der Greifer von dem Hilfsseile weggeführt wird. Die Länge des Weges, auf welchem Wagen durch das Hilfsseil gezogen werden, ist  $37.6\text{ m}$ ; sie laufen ungefähr  $2.5\text{ m}$  durch eigene Schwere. Die Geschwindigkeit des Hilfsseiles ist nur  $6.45\text{ km}$  pro Stunde; gerade halb so gross, als jene der Hauptseile. Die Beanspruchung dieses Seiles ist viel geringer, da nur ein Wagen gleichzeitig bewegt wird, während die Hauptseile das Gewicht aller Wagen zu führen haben.

An den betreffenden Stellen sind gusseiserne Platten mit den Worten: „LET GO“, „STOP“ und „TAKE UP“

im Pflaster eingelegt, so dass der „Gripman“ genau weiss, wo und wie er den Greifer handhaben muss. Nachts sind diese Platten durch grosse Reflektorlaternen erleuchtet.

Am Abzweigungspunkt der Haight-Strassenbahn von der Market-Strassenbahn verbindet eine Weiche die beiden Geleise. Das Seil der Market-Strassenbahn wird fallen gelassen, während der Wagen durch die Kurve läuft. Das Seil der Haight-Strassenbahn ist unabhängig von dem der Market-Strassenbahn. Um das Brechen des Greifers zu verhindern, was leicht durch Nachlässigkeit des „Gripman“ geschehen kann, wenn er das Seil nicht zur rechten Zeit fallen lässt, ist mit der Weiche ein eigener Sicherheits-Apparat in Verbindung. Derselbe liegt  $10\text{ m}$  vor der Weiche und besteht aus einem langen Arme, der mit dem Weichenstellhebel verbunden ist und an seinem Ende an einem Bolzen eine auf ihn senkrecht stehende Walze trägt, deren Durchmesser  $15\text{ cm}$  und deren Länge  $20\text{ cm}$  ist. Diese Walze steht aufrecht und seitlich des Hauptseiles, so dass der Greifer des auf der Hauptlinie verkehrenden Wagens passiren kann, wenn die Haight-Strassen-Weiche geschlossen ist. Die Hauptlinie ist dann für den Verkehr offen, ohne dass das Seil fallen gelassen zu werden braucht. Wird die Weiche verstellt, so wird auch der Arm bewegt, die Welle auf das Seil geworfen und dieses dadurch herundergedrückt; das Seil ist dann niedriger als der Greifer, so dass dieser darüber passiren kann, vorausgesetzt, dass das Seil vorher losgelassen wurde. Wenn der Wagen von der Market-Strasse an der Weiche ankommt und das Seil fallen gelassen ist, wird die Kurve nach der Haight-Strasse zu, die in einem geringen Gefälle liegt, ohne Anstand durchfahren. Im Falle aber, dass das Seil nicht rechtzeitig fallen gelassen wurde, dann zieht das Seil die Welle des Sicherheits-Apparates in die Höhe und dreht den langen Arm. Dieser schliesst die Weiche und zwingt den Wagen auf der Hauptlinie weiterzulaufen, wodurch ein Brechen des Greifers verhindert wird. Der Wagen muss dann zum Stillstand gebracht und bis zum Anfang der Weiche zurückgeschoben werden.

Solche Vorkommnisse beweisen die Nachlässigkeit des „Gripman“; eine Wiederholung derselben hat seine Entlassung zur Folge. Wenn die Wagen von der Haight-Strasse auf die Hauptlinie gehen sollen, dann wird das Haight-Strassen-Seil losgelassen. Dieses läuft hier um eine grosse Seilscheibe in die andere Seilröhre und nach dem Maschinenhaus zurück. Die Wagen laufen vermittelt ihrer eigenen Schwere durch die flache Kurve auf das Geleise der Market-Strasse. Hier muss das Seil der letzteren aufgenommen werden, wozu eine Hebung desselben erforderlich ist. Da das Seil vom Greifer aber seitwärts aufgenommen wird, so darf es nicht senkrecht gehoben werden, da es dann gegen die untere Fläche des Greifers schlagen würde und nicht ergriffen werden könnte. Das Seil muss deshalb durch eine besondere Vorrichtung gehoben und seitwärts verschoben werden. Die hier angewendete Einrichtung besteht in einem aus  $37\text{ mm}$  weiten Gasröhren gemachten Kreuz, welches durch ein Gelenk an den Rahmen der Seilröhre befestigt ist. Der eine Arm des Kreuzes trägt eine konische Rolle,  $15\text{ cm}$  lang, an einem Ende  $15\text{ cm}$  und am anderen Ende  $6.5\text{ cm}$  im Durchmesser. An diesem Arme ist eine Kette befestigt, die durch eine Oeffnung im Strassenpflaster

zu Tage tritt. Wenn ein Wagen sich diesem Punkte nähert, steigt der Kondukteur ab und zieht die Kette und damit das Kreuz in die Höhe. Die konische Rolle trifft dann das Seil, welches auf derselben herunterrutscht und sich dadurch seitlich verschiebt, bis es in die Backen des Greifers fällt.

Alle Wagen dieser Kompagnie laufen nach dem Landungsplatze der Fährboote am Ende der Market-Strasse. Dort werden sie vermittelt einer Drehscheibe, 10 m im Durchmesser, umgedreht. Diese Drehscheibe und eine kurze Strecke der Geleise sind etwas ansteigend gelegt, so dass die abgehenden Wagen eine kurze Strecke durch ihre eigene Schwere laufen können. Wenn dagegen ein Wagen am Ende ankommt und das Seil losgelassen ist, hat er noch genug Bewegung, um auf die Drehscheibe aufzulaufen. Vier Geleise münden an dieser Drehscheibe, eines für die ankommenden und drei für die abgehenden Wagen; in kurzer Entfernung von der Drehscheibe gehen diese drei Geleise in das aufsteigende Hauptgeleise über. Die drei Geleise ermöglichen eine bequemere Expedition der Wagen, welche durch Menschenkraft von der Drehscheibe auf die im Gefälle liegenden Enden der drei Geleise abgeschoben werden, von wo sie dann durch die eigene Schwere auf das Hauptgeleise laufen, wo das Seil aufgenommen wird. Die Drehscheibe hat zwei Geleise, die so gegeneinander liegen, dass zwei Wagen zu gleicher Zeit bedient werden können. Wenn sie so gestellt ist, dass der auf ihr stehende Wagen in eines der drei Geleise geschoben werden kann, ist das andere Geleise der Drehscheibe in Verbindung mit dem Ankunftsgeleise, so dass ein angekommener Wagen sofort, ohne eine neue Drehung der Drehscheibe vornehmen zu müssen, auf dieselbe gelangen kann.

Die Drehscheibe wird durch das Strassenbahnseil selbst gedreht, und zwar mit Hilfe einer Seilscheibe und einer Zahnradübersetzung, welche durch einen Hebel in oder ausser Eingriff gebracht werden kann. Die Geschwindigkeit dieser Drehung ist ein Fünftel von jener des Seiles.

Am Ende der Valencia-Strasse ist eine grosse Wagenremise gebaut, die Raum für 156 Wagen hat. Das Gebäude ist 128 m lang, 30 m tief und zwei Stockwerke hoch. Aufzüge heben die Wagen in's zweite Stockwerk. Das Hauptgeleise endet vor diesem Gebäude in einer Drehscheibe und laufen die Wagen durch die eigene Schwere in das Haus.

Die Wagen der Haight-Strassen-Linie werden in einem eigenen Gebäude mit Raum für 56 Wagen Nachtsüber eingestellt, ebenso die der Hayes-Strassenbahn (35 Wagen). Das Gebäude ist einstöckig, aber so eingerichtet, dass ein zweiter Stock aufgebaut werden kann. Die Strasse hat an dieser Stelle ein Gefälle von 35‰; dies wird benützt, um auch hier die Wagen durch eigene Schwere einlaufen zu lassen.

Das Maschinenhaus und die Wagenremise für 44 Wagen der McAllister-Linie liegt zwischen der McAllister- und Fulton-Strasse, jenes der Hayes-Strassenbahn zwischen der Lott-Strasse und der Masonic-Avenue.

Herr W. W. Hanscom, Mitglied der Technical Society of the Pacific Coast hielt im Jahre 1884 einen Vortrag über die Anlage und den Betrieb der Seilbahnen, welchem die nachstehende Tabelle entnommen ist. Dieselbe gibt die

Gewichte der Triebmaschinen und der dadurch bewegten Seile bei den verschiedenen Seilbahnen San Franciscos an, und kann als Behelf zu überschlägigen Kostenaufstellungen dienen.

Es ist zu bemerken, dass in den angegebenen Gewichten auch die Ablenkungs-Seilscheiben und die Rollen in den Strassenröhren inbegriffen sind.

Tabelle I.

Name der Strassenbahn	Gewicht		Verhältniss- mässiges Gewicht	
	der Maschinen	des Seiles	des Seiles = 1	der Maschinen
	Kilogramm			
Clay Street Hill . . . .	9.980	6.990	1	1.428
California Street. . . .	45.360	29.480	1	1.459
Sutter Street . . . . .	108.860	30.850	1	1.470
Geary Street . . . . .	27.220	17.150	1	1.538
Union, Presidio and Ferries Market, Valencia and Haight Streets . . .	36.290	13.835	1	1.587
McAllister Street . . .	108 860	74.600	1	2.622
	45.360	30.850	1	3.529

Herr Hanscom stellt ferner in Betreff der Konstruktion einer Seilbahn nachstehende Grundsätze auf: Der Greifer muss seiner Beanspruchung entsprechend konstruiert und dimensionirt werden. Diese Beanspruchung hängt wesentlich von den Steigungen der Bahn ab; eine Steigung von 1:100 verdoppelt bereits die Beanspruchung des Greifers gegenüber jener in der Horizontalen. Die grösste auf den Bahnen San Franciscos vorkommende Steigung von 20% erfordert zur Bewegung eines Zuges ebensoviel Kraft, als 18 Züge auf horizontaler Bahn.

Die Hauptanforderung, welche an das Seil zu stellen ist, besteht darin, dass es genügend stark ist, um auch aussergewöhnlichen Ansprüchen genügen zu können, selbst nachdem es schon längere Zeit in Gebrauch gewesen ist; es darf aber auch nicht zu schwer sein, da sonst das zu bewegendes Eigengewicht und die Anschaffungskosten zu gross würden. An der Oberfläche soll das Seil hart sein, um der Reibung des Greifers gehörig zu widerstehen; gleichzeitig muss es aber entsprechend biegsam sein, um leicht über die Seilscheiben zu laufen. Stahldrahtseile haben diesen Anforderungen am besten entsprochen und sich am besten bewährt.

Die gegenwärtig übliche Konstruktion der Seilröhren aus Eisen und Béton bewährt sich gut. Die Schienen und das Pflaster zwischen denselben sind die einzigen Theile, die nach mehrjährigem Gebrauche der Erneuerung bedürfen. Die Schienen und Schlitzseisen sollen so angebracht sein, dass sie ausgewechselt werden können, ohne die anderen Theile der Seilröhren zu stören.

Die Backen des Greifers werden jetzt allgemein aus weichem Gusseisen gemacht, das sich besser bewährt hat, als alle anderen versuchten Materialien. Sie sind so eingerichtet, dass sie leicht ausgewechselt und durch neue ersetzt werden können.

Neuere Seile nützen die Backen des Greifers rascher ab, als solche, die schon längere Zeit in Gebrauch sind. Die Ursache dieses Umstandes ist, dass die äusseren Drähte

des Seiles verhältnissmässig scharf sind; durch den Gebrauch werden sie allmählig glatter, was noch durch den Theerüberzug, mit dem das Seil versehen ist, befördert wird. Allmählig wird das Seil so glatt, dass es einer Eisenstange ähnlich sieht. Das Tränken des Seiles mit Theer hat noch den Vortheil, dass dasselbe genügend glatt wird, um ein wenig durch den Greifer zu gleiten, wenn derselbe es erfasst, wodurch plötzliche Stösse vermieden werden. Dem Theer wird eine kleine Menge Oel zugemengt, so dass er sich nicht an den Greifern und Seilscheiben ansetzen kann. Die Abnutzung der Seile hängt sehr viel davon ab, wie der Greifer zur Action gebracht wird, ob plötzlich oder allmählig. Die Erfahrung hat gezeigt, dass die Dauer eines Seiles durch ein vorsichtiges Ansetzen des Greifers verdoppelt werden kann. Die Abnutzung des Seiles hängt auch von der Häufigkeit des Anhaltens ab, u. zw. wächst sie mit derselben. Unter sonst gleichen Umständen wird die Abnutzung des Seiles zu der Anzahl der Anhaltungen in geradem Verhältnisse stehen. Hinsichtlich der Länge der Greifbacken ist man noch nicht völlig im Reinen, welche Länge am ökonomischsten und zweckmässigsten ist; es scheint jedoch, dass das beste Verhältniss der Länge der Backen zum Durchmesser des Seiles zwischen 8:1 und 10:1 liegt. Um die Unterhaltungskosten möglichst herabzumindern, muss der Greifer so konstruirt sein, dass das freie Seil von Rollen getragen wird, wenn es durch die Backen hindurchläuft. Auch hängt sehr viel von dem „Gripman“ ab, der es verstehen muss, den Greifer ruhig anzusetzen und denselben so zu handhaben, dass das Seil so wenig als möglich zwischen den Backen hindurchgleitet. Das Seil muss immerwährend gut geölt und getheert werden.

Eine noch nicht völlig gelöste Frage ist die Uebertragung der Kraft von der Maschine auf das Seil. Herr Hanscom hat von den verschiedenen Betriebsmaschinen Diagramme genommen. Die Tab. Nr. 2 gibt die Anzahl der für den Leerlauf des Seiles (ohne Wagen) erforderlichen Pferdekkräfte, worin natürlich der Reibungswiderstand der Seilscheiben und der Seiltrommeln inbegriffen erscheint.

Tabelle II.

Name der Strassenbahn	Anzahl der Pferdekkräfte, nöthig für den Leerlauf des Seiles	Gewicht des Seiles, das durch eine Pferdekraft 10 km weit in einer Stunde gezogen wird	Erforderliche Kraft für den Leerlauf des Seiles, die der Clay-Strassenbahn als 1 angenommen
		Kilogramm	
Clay Street . . . . .	23.0	1151.1	1.000
Sutter Street . . . . .	85.0	1278	0.900
Geary Street . . . . .	59.0	1278	0.900
California Street . . . . .	85.5	1338	0.861
Union Street . . . . .	39.7	1350	0.850
Market Street . . . . .	204.4	1754	0.656
McAllister Street . . . . .	61.0	2560	0.450

Die Kraft, welche für das Bewegen einer Tonne Last auf der Horizontalen erforderlich ist, wurde mit 91 kg ermittelt. Dieser Werth liegt der Tab. Nr. 3 zu Grunde, welche die angenäherten Werthe der Zugkraft gibt, die

nöthig ist, um die Wagen sammt Dummy zu bewegen. Hiezu addirt sich natürlich die für den Leerlauf des Seiles erforderliche Zugkraft.

Tabelle III.

Name der Strassenbahn	Gewicht eines Wagens sammt Dummy	Erforderliche Pferdekraft pro Wagen	Durchschnittliche Anzahl der Wagen	Durchschnittlich für den Zug der Wagen aufzuwendende Pferdekkräfte
	Kilogramm			
Clay . . . . .	2222	0.81	7	5.67
Sutter . . . . .	3402	1.51	18	27.18
California . . . . .	3901	1.42	14	19.88
Geary . . . . .	3810	1.97	19	37.43
Union . . . . .	3901	1.44	10	14.40
Market and Haight . . . . .	4355	2.10	44	92.40
McAllister . . . . .	4355	2.10	18	37.80

Tab. Nr. 4 gibt die durchschnittliche Fahrgeschwindigkeit der Seilbahnen, den durchschnittlichen Weg, welchen die die Passagiere zurücklegen, und die durchschnittliche Anzahl Pferdekkräfte, welche nöthig ist, um 1000 Passagiere zu befördern.

Tabelle IV.

Name der Strassenbahn	Durchschnittliche Geschwindigkeit in Kilometer pro Stunde	Durchschnittlicher Weg, den ein Passagier durchfährt	Gesamnte Arbeitszeit pro Tag	Durchschnittliche Anzahl Pferdekkräfte um 1000 Passagiere zu befördern
		Kilometer	Stunden	
Clay . . . . .	9.65	0.8	17h 30m	0.097
Sutter . . . . .	12.05	2.4	19h 30m	0.257
California . . . . .	9.65	1.6	19h	0.176
Geary . . . . .	12.45	1.6	19h	0.175
Union . . . . .	9.65	1.6	17h 30m	0.191
Market . . . . .	12.85	4.0	20h 20m	0.406
McAllister . . . . .	12.85	1.6	20h 20m	0.161

Die durchschnittliche Weglänge der Passagiere ist gleich der halben Bahnlänge angenommen.

Tab. Nr. 5 gibt die durchschnittlich erforderliche Betriebskraft der Seilbahnen und die ungefähren Antheile, welche hievon auf die Bewegung des Seiles, der Wagen und der Passagiere entfallen.

Tabelle V.

Name der Strassenbahn	Totale Kraft	Es entfallen Pferdekkräfte auf die Bewegung von						Tägliche Anzahl der Passagiere
		Pferdekkräfte	Seil	%	Wagen	%	Passagiere	
Clay . . . . .	28.56	22.6	79.0	5.60	19.0	0.36	2.0	4.000
Sutter . . . . .	114.60	83.6	72.9	27.00	23.5	4.00	3.6	15.000
California . . . . .	105.20	84.0	80.0	19.60	18.6	1.42	1.4	8.000
Geary . . . . .	96.63	58.0	69.0	36.86	38.0	1.77	2.0	10.000
Union . . . . .	54.55	39.0	70.0	14.20	26.0	1.35	4.0	7.000
Market . . . . .	301.00	201.0	66.7	91.00	30.6	9.06	2.7	22.000
McAllister . . . . .	98.30	60.0	61.0	37.00	37.6	1.30	1.4	8.000
Zusammen	798.66	548.2	68.0	231.26	28.0	19.26	4.0	74.000

Diese Angaben sind Durchschnittszahlen der täglichen Anzahl Züge und Passagiere.



Tab. Nr. 6 gibt die durchschnittliche Seillänge für jeden Zug. Zu den Zahlen der Market-Strasse müssen die Züge der McAllister-, Haight- und Hayes-Strasse hinzugefügt werden, da dieselben in die Market-Strasse einmünden.

Tabelle VI.

Name der Bahn	Anzahl der Wagen	Länge des Seiles	Länge des Seiles für jeden Wagen
		M e t e r	
Clay . . . . .	7	3.353	479
Sutter . . . . .	18	11.502	639
California . . . . .	14	7.893	564
Geary . . . . .	19	8.230	433
Union . . . . .	10	6.401	640
Market . . . . .	44	20.045	456
McAllister . . . . .	18	8.285	460
Durchschnitt . . . . .	18.5	9.387	507

Nach dieser Tabelle ist die durchschnittliche Entfernung zwischen zwei einander folgenden Wagen 507 m an Wochentagen. An Sonn- und Feiertagen beträgt diese Entfernung mitunter nicht mehr als 328 m. Bei einer Geschwindigkeit des Seiles von 214 m in der Minute, würden sich sonach die Wagen in je 1½ Min. folgen, einschliesslich der Aufenthalte. Bei regelmässiger Durchführung eines solchen Betriebes auf sämtlichen Seilbahnen San Franciscos, würde dies einer Steigerung des Verkehrs um 65 % entsprechen und könnten dann um 48.000 Personen täglich mehr befördert werden. Es müsste dann aber auch die Anzahl der für den Zug der Wagen aufzuwendenden Pferdekkräfte von 231.26 auf 381.57 erhöht werden, u. zw. wäre dann insgesamt aufzuwenden:

Für die Bewegung der Seile . . . 548.20 Pferdek. oder 57 %  
 " " " " Wagen . 381.57 " " 39 %  
 " " " " Passagiere 31.77 " " 4 %  
 Im Ganzen 961.54 Pferdek. oder 100 %.

Eine hier ganz allgemein bekannte Thatsache ist, dass der Bau einer Seilbahn den Werth des angrenzenden Grundeigenthums sofort und dauernd erhöht. Grosse Flächen, die bis dahin brach lagen, werden dann für gute Preise verkauft und sofort bebaut. Das rasche und billige Fahren auf den Seilbahnen veranlasst viele Leute, dieselben zu benutzen, selbst wenn eine Pferdebahn sie näher an ihr Ziel bringen würde. Im Anfange wurde die Befürchtung ausgesprochen, dass die Seilbahnen den Werth des angrenzenden Grundeigenthums verringern werden; die wirklichen Thatsachen haben aber gerade das Gegentheil bewiesen. Die werthvollsten Grundstücke (für Wohnhäuser) in San Francisco sind in der Nachbarschaft der Seilbahnen. Alle Seilbahnen haben einen günstigen Einfluss auf die Entwicklung der Stadt gehabt und Tausende neue Privathäuser sind seitdem gebaut worden und werden noch gebaut.

Dieselbe Erfahrung hat man in Chicago gemacht. Als im vorigen Jahre die Frage der Umänderung der Pferdebahnen in New-York in Seilbahnen erörtert wurde, wurden officiële Anfragen von dort beim hiesigen Stadtamt in Bezug auf die hier mit Seilbahnen gemachten Erfahrungen gestellt. Unter anderen Fragen war auch die, wie der Werth des

Grundeigenthums durch die Seilbahnen beeinflusst worden sei. Das Stadtamt antwortete ausführlich und gab auch die folgenden Tabellen Nr. 7, 8 und 9.

Tabelle VII.

Name der Gesellschaft	Jahr, wann der Bau der Seilbahn begonnen wurde	Werth der Grundstücke entlang der Linie im Jahre vor dem Baue der Seilbahn	Werth der Grundstücke 1884	Percentuelle Werth- erhöhung des Grundes
		M a r k		
Clay Street Hill . .	1873	3,102.960	4,357.460	40.42 %
Sutter Street . . .	1876	4,759.960	5,640.500	18.49 %
California Street . .	1876	6 829.660	11,918.944	23.82 %
Geary Street . . .	1878	5,725.720	6,194.460	8.18 %
Union Street . . .	1879	2,599.520	2,496.220	20.03 %
Market Street . . .	1879	93,237.980	107,205.060	14.98 %

Die hier angegebenen Summen beziehen sich auf die Grundstücke, welche innerhalb 61 m auf jeder Seite der Strasse liegen.

Tabelle VIII.

Name der Gesellschaft	Werth des Grundstückes entlang der Linie		Percentueller Werthverlust der Grundstücke
	1879	1884	
Omnibus Railroad . .	64,589.050	48,503.020	24.90
North Beach & Mission	38,120.800	29,060.820	23.79

Diese Tabelle gibt die Werthverluste des Grundeigenthums in Stadttheilen, die nur von Pferdebahnen durchzogen werden.

Ein Blick auf die Karte San Franciscos (Fig. 1, Taf. XI) zeigt, dass — mit Ausnahme einer Linie — alle Seilbahnen in einer Richtung laufen. Dies hat seine Ursache in der Lage der Geschäfts- und Wohnungsverviertel. Die Geschäftsbureaux, Banken, einige Fabriken, die grossen Hôtels öffentliche Gebäude u. s. w. befinden sich auf einer verhältnissmässig kleinen Fläche östlich der Kearney-Strasse. Die Fabriken, Holz- und Getreidegeschäfte sind ausschliesslich auf der Südseite der Market-Strasse gelegen und dehnen sich in dieser Richtung weithin aus. Kearney-Strasse und Market-Strasse westlich von der ersten sind die Hauptsitze der besseren Kleingeschäfte. Da nun die meisten der in diesen Geschäften angestellten Leute ausserhalb dieses Districts wohnen, und da die Wohnungsverviertel sich mehr nach dem Westen, als nach Süd und Nord ausdehnen, so bewegt sich der Hauptverkehr von Osten nach Westen und umgekehrt.

Eine erste Bedingung für die Anwendung eines Strassenbahnsystemes ist die absolute Sicherheit der fahrenden und der auf den Strassen verkehrenden Menschen. Diese Bedingung ist bei den Seilbahnen Franciscos vollkommen erfüllt, wozu allerdings die Selbstständigkeit der Einwohner, die daran gewöhnt sind, für ihre eigene Sicherheit selbst zu sorgen, sehr viel beiträgt. Die Bevormundung des Publikums durch überzahlreiche Polizeivorschriften, wie sie in den europäischen Gemeinden üblich ist, wird hier ganz und gar als entbehrlich erachtet. Selbstverständlich bestehen auch hier allge-

Tabelle IX.

Zahl der Passagiere, die während der Jahre 1880–85 auf den verschiedenen Strassenbahnlinien befördert wurden.

	Clay- Strasse	Sutter- Strasse	California- Strasse	Geary- Strasse	Market- Strasse	Omnibus- Linie	North Beach and Mission	City- Railroad	Central- Railroad
	Drahtseilbahnen					Pferdebahnen			
1880	1,500.000	4,250.000	2,993.000	2,911.395	7,691.676	4,100.000	4,750.000	3.519.077	3,000.000
1881	1,505.000	4,525.000	2,750.000	3,422.406	8,165.440	3,700.000	5,000.000	3,356.178	2,800.000
1882	1,200.000	4,800.000	2,600.000	3,600.729	8,659.365	3,400.000	5,500.000	3,901.215	3,000.000
1883	1,226.000	5,500.000	2,555.000	3,809.420	10,324.042	3,700.000	5,600.000	3,789.264	3,000.000
1884	1,217.000	5,550.000	2,555.000	3,479.020	15,733.337	4,000.000	5,500.000	3,332.100	2,500.000
1885 (8 Monate)	—	—	—	2,375.285	10,892.138	—	—	—	2,100.000

meine Vorschriften und Gesetze, die den Strassenverkehr reguliren, aber kein Hemmniss für die Entwicklung desselben bilden. Dass das Gleiche nicht auch in den europäischen Städten gilt, ist, glaube ich, die Ursache, warum die Einführung eines so zweckmässigen städtischen Verkehrsmittels, wie es die Seilstrassenbahnen sind, bisher z. B. in Deutschland (Wiesbaden und Dresden) erfolglos versucht wurde. Nur in London hat dieses System seit etwa einem Jahre für den Betrieb einer kurzen Strassenbahnlinie Eingang gefunden.

Der Verkehr auf den Strassenbahnen San Franciscos ist im Allgemeinen wie folgt geregelt:

Gewöhnlich halten die Wagen nur an den Strassenkreuzungen an, und zwar entgegengesetzt der Seite, von der der Wagen kommt. Angehalten wird jedoch nur, wenn Jemand ein- oder absteigen will. Wünscht ein Fussgänger aufzusteigen, so gibt er dies durch einfaches Winken mit der Hand, durch Rufen oder Pfeifen bekannt. Der Kondukteur zieht dann die Signalglocke (ein Schlag) und der „Gripman“, oder bei den Pferdebahnen der Kutscher, hält an. Nachdem die Person aufgestiegen, gibt der Kondukteur zwei Glockensignale und der Wagen geht weiter. Die Fahrt auf allen Strassenbahnen kostet fünf Cents (20 Pf.), ohne Rücksicht auf die Entfernung; das Geld wird dem Kondukteur bezahlt, der dann in Gegenwart des Bezahlenden eine Nummer auf seine Karte markirt. Dies geschieht durch die „bell-punch“, welche ein Loch in der Karte macht und zu gleicher Zeit ein Glockensignal gibt. Das kleine ausgestossene Stückchen Karte fällt in einen Behälter des Apparates, der nur von dem Kassier der Gesellschaft geöffnet werden kann. Am Ende seiner Dienststunden liefert der Kondukteur den mit seiner Nummer versehenen Apparat und die durchlöchernte Karte im Bureau der Gesellschaft ab, wo durch Nachzählen der Kartenmarkirungen und des Fahrgeldes die Kontrolle geübt wird.

Wünscht man auszusteigen, so gibt man dem Kondukteur ein Zeichen, der dann durch ein Glockensignal das Anhalten des Wagens veranlasst, oder man zieht selbst die Signalschnur, die durch den Wagen läuft. Sehr häufig lassen aber die absteigenden Passagiere den Wagen nicht anhalten, sondern springen von dem in Bewegung befindlichen Wagen ab. Da sie dies ganz auf eigene Gefahr thun, so hat Niemand etwas dagegen.

Wo ein Uebergang auf andere Strassenbahnlinien, die derselben Gesellschaft gehören, stattfinden kann, werden „transfers“ oder Uebergangsbillette ausgegeben. Dies sind

kleine Karten, die mit dem betreffenden Datum versehen sind und nur für denselben Tag und für eine bestimmte Abzweigungsrichtung gültig sind.

Bei den Pferdebahnen haben die nur von einem Pferde gezogenen Wagen keine Kondukteure. Das Geld (fünf Cents) für die Fahrt wird von den Passagieren in eine Kassenbüchse geworfen, die auf beiden Seiten mit Glas versehen und nur auf dem Bureau der Gesellschaft geöffnet werden kann. Das Geldstück fällt auf eine Metallplatte; das Geräusch zeigt dem Kutscher, der draussen gerade vor der Büchse steht, an, dass eine Fahrt bezahlt worden ist; er zieht dann eine Schnur, die Platte dreht sich und das Geldstück fällt in die eigentliche Kasse. Ein Betrug seitens des Kutschers ist hier nicht möglich. Wenn man ein grösseres Geldstück wechseln muss, dann reicht man dasselbe dem Kutscher durch eine vermittelt einer Messingplatte verschlossene Oeffnung in der vorderen Thür. Die Platte lässt sich nach innen und aussen drehen. Beim Drehen läutet eine Glocke, so dass der Kutscher aufmerksam gemacht wird, dass Jemand wechseln will.

Die zweite Stadt in den Vereinigten Staaten, die das Seilsystem für Strassenbahnen angewendet hat, ist Chicago. Die topographischen und klimatischen Verhältnisse Chicagos sind grundverschieden von denen San Franciscos. Die Strassen Chicagos sind beinahe ganz horizontal; die Sommertemperatur ist 32° C., die mittlere Wintertemperatur 0° und der Schneefall ist daselbst sehr stark. Die Seilröhre ist viel tiefer, als jene in San Francisco; sie ist 1.25 m tief und das Seil liegt ungefähr 0.76 m oberhalb des tiefsten Punktes der Röhre. Durch diese Anordnung wird das Seil vom Schnee freigehalten und eine stärkere Ansammlung von Schnee in der Seilröhre, welche den Betrieb in Frage stellen würde, vermieden, da in einer Tiefe von 1.25 m in normalen Wintern genügend natürliche Grundwärme vorhanden ist, um ein starkes Frieren zu verhindern. Der Grund, in dem die Seilröhren gelegt sind, ist ziemlich weich und nachgiebig. Die Fundamente der Röhren mussten deshalb breiter und stärker gemacht werden, was die Baukosten erheblich erhöhte.


Der Chicago City Railway Company (Fig. 19 auf Taf. XIII) gehören alle Strassenbahnen im südlichen Theile der Stadt, während die Linien im nördlichen und westlichen Stadttheile von zwei anderen Gesellschaften betrieben werden. Die gesammte Länge der Strassenbahnen, welche diese drei Compagnien besitzen, beläuft sich auf 242 km.

Während in San Francisco jede einzelne Seilbahnlinie (mit Ausnahme der drei Linien der Market Street Cable Company) eine besondere Maschinenanlage besitzt, werden in Chicago alle Bahnen eines Districts von einem Maschinenhaus aus betrieben.

Die Umänderung der Pferdebahnen Chicago's in Seilbahnen war durch keine finanzielle Zwangslage veranlasst, denn die Aktien der Gesellschaft, mit einem nominalen Werth von 100 Doll., standen damals auf 250 Doll. Der einzige Grund zu diesem Systemwechsel lag in den günstigen Erfahrungen, die man in San Francisco mit den Seilbahnen gemacht hatte.

Die erste Bahn Chicagos, die in eine Seilbahn umgeändert wurde, ist die State Street Railway; dieselbe wurde im Jänner 1892 eröffnet. Die Maschinenanlagen wurden gleich so gross gemacht, das zehn unabhängige endlose Drahtseile von dort aus betrieben werden können. (Fig. 18 auf Taf. XIII.)

Die State Street Railway wird durch zwei Seile betrieben; eines läuft vom Maschinenhaus nach dem nördlichen Ende und das andere von demselben Punkt nach dem südlichen Ende der Bahn. Die Wagen passiren die Stelle beim Maschinenhaus durch ihre eigene Schwere, nachdem das eine Seil losgelassen wurde, um nachher das andere Seil aufzugreifen. Die Wagen am Nord-Ende werden nicht durch eine Drehscheibe von einem Geleise auf das andere gebracht, sondern durch eine Geleisschleife und ein Hilfsseil, das mit halber Geschwindigkeit des Hauptseiles läuft. Die Wagen der Wabash- und Cottage Grove Avenue Railway benützen dieselbe Schleife, um von einem Geleise auf's andere zu gelangen, werden aber durch ein besonderes Hilfsseil gezogen. Beide Seile laufen in ein und derselben Röhre und werden in den Kurven durch die Seilscheiben auseinandergehalten. (Fig. 10 auf Taf. XII.)

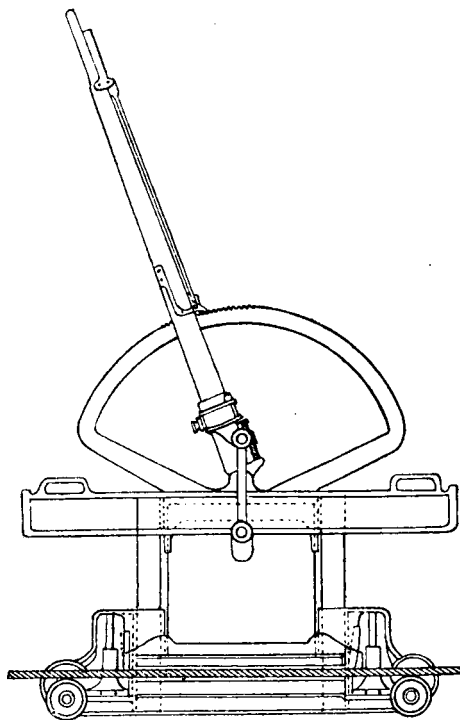
Der Greifer dieser Bahn ist jenem der California- und Market-Strassenbahnen San Franciscos ähnlich, indem die untere Backe fest ist und die obere Backe durch einen Handhebel auf- und abbewegt werden kann. Die Backen sind aus Gusseisen gemacht und mit Messing gefüttert. Zwei konische aufrechtstehende Rollen dienen dazu, das Seil am Ende der Fahrt aus dem Greifer zu leiten. Eine Bewegung des Handhebels hebt die obere Backe und damit auch die konischen Rollen, wodurch das Seil in die Höhe gehoben wird und von der Kante der Rollen abläuft. Diese werden durch eine Auslösung in ihre ursprüngliche Lage zurückversetzt. (Fig. 29.) Eine höher gelegene Seilscheibe (Fig. 11 auf Taf. XIII) am Anfang der Bahn dient dazu, das Seil in den Greifer einzuleiten, wobei dasselbe bis auf 18 cm unterhalb der Strassenoberfläche gehoben wird. Fig. 16, Taf. XIII, zeigt die Konstruktion der Seilröhre. Die Rahmen sind aus Schmiedeeisen hergestellt und 0.915 m von einander entfernt. Der Schlitz wird durch  Eisen gebildet, die mit dem Rahmen durch Bolzen verbunden sind. Winkelleisen dienen dazu, den Greifer durch Kurven hindurchzuleiten (in der Zeichnung punktirt) und konische, in Entfernungen von je 2.44 m befindliche Räder mit einem Durchmesser von 36 cm, resp. 46 cm, führen das Seil durch die Kurven. Die gewöhnlichen Seilscheiben sind in Entfernungen von je 10 m

angebracht; dieselben sind aus Gusseisen und an dem Umfang mit „Babbit-Metall“ bedeckt.

Um die Seilröhre zu entwässern, sind in Abständen von 91.5 m Auffangsbassins ausgegraben, die mit den städtischen Kanälen verbunden sind.

Das Seil ist 95 mm im Umfang und besteht aus sechs Strängen von je 19 Stahldrähten und einem Hanfseil als Kern. Die Zugfestigkeit desselben wird mit 22.5 t angegeben; es wiegt 3.35 kg pro lfd. Mtr. und kostet 1.50 Mk. pro Kilogramm. Die nöthige Spannung der Seile wird durch eine ähnliche Vorrichtung wie bei den San Francisco-Bahnen erhalten. (Fig. 14 auf Taf. XIII.) Der Spannwagen kann sich auf 30 m Länge verschieben; er ist während des Betriebes in fortwährender Bewegung, u. zw. beträgt diese unregelmässige Bewegung ungefähr 0.50 m. An Stellen, wo die Seile über

Fig. 29.



grössere Seilscheiben durch Kurven laufen, ist der dafür erforderliche Raum gegen die Strasse mit, zwischen eisernen Trägern gespannten Gewölben abgedeckt. (Fig. 14 auf Taf. XIII.) Diese Gewölbe in State Street und Wabash Avenue sind 40 m lang und 7 m breit.

Die Seile der Wabash and Cottage Grove Avenue Railway müssen eine gewisse Entfernung durchlaufen, ehe sie die Anfangspunkte der Linien erreichen; dasselbe ist der Fall mit den anderen projektirten Linien. Sie laufen in dieser Strecke durch enge unterirdische Betonröhren, die in der Mitte der Strasse zwischen den beiden Geleisen liegen. Der zwischen der Wabash Avenue und Cottage Grove Avenue gelegene Theil der 22. Strasse zusammen mit den in diese Strassen einleitenden Kurven wird durch ein Hilfsseil vom Hauptseil der Wabash Avenue-Linie mit halber Geschwindigkeit betrieben. Die Ursache dieser Anordnung ist, dass die 22. Strasse verhältnissmässig eng ist, in der eine geringere Geschwindigkeit gerathen scheint und auch wegen der scharfen Kurven von 11–22 m Radius. Die Geschwindigkeit der Seile südlich von der 22. Strasse war anfänglich 14.5 kg pro Stunde und die der nördlich gehenden Seile 12.8 kg. Seitdem ist der Gang der Maschine von 72 auf 64 Umdrehungen ermässigt worden. Die Cylinder der Kondensations-Dampfmaschinen haben einen Durchmesser von 61 cm, der Hub ist 1.22 m und der effektive Druck 4.1 kg pro 1 cm<sup>2</sup>. Die Seiltrommeln haben einen Durchmesser von 3.66 m und drei Rillen, die genau nach der

Form des Seiles gemacht und nicht gefüttert sind. Auf der Radachse sind zwei grosse Schwungräder angebracht.

Die Züge haben ausser den gewöhnlichen Radbremsen eine Kettenbremse, die auf dem Dummy angebracht und durch Hebel in Aktion gesetzt wird. Die Kettentrommel sitzt lose auf der vorderen Radachse des Dummy; an derselben ist eine Scheibe befestigt, mit der eine andere, fest auf der Radachse sitzende und sich mit derselben drehende Scheibe in Kontakt gebracht werden kann. Die so erzeugte Reibung der beiden Scheiben wickelt die Kette auf die Trommel. Diese Bremse ist sehr kräftig und leicht zu handhaben. Ein aus drei beladenen Wagen bestehender Zug kann dadurch in einer Entfernung von 2.5—3 m zum Stillstand gebracht werden, selbst wenn die Zuggeschwindigkeit 9.6 km pro Stunde ist.

Die übrigen Einzelheiten der Chicagoer Seilbahnanlagen können aus den beigegebenen Zeichnungen ersehen werden. Fig. 19, Taf. XIII ist der Plan des südöstlichen Stadttheiles; die Kreise sind in Abständen von je einer englischen Meile (1.609 km) mit dem Stadthaus als Mittelpunkt gezogen. Fig. 11 ist ein Längenschnitt und Fig. 12 ein Grundriss, in welcher die das Seil hebende Seilscheibe und die Art und Weise, wie der Greifer durch eine Ausbiegung des Geleises diese Scheibe vermeidet und das Seil wieder aufgreift, dargestellt ist. Fig. 14 ist ein Längenschnitt und Fig. 15 (Taf. XIII) ein Grundriss des Gewölbes und der Maschinenanlage in State Street, wo das Hilfsseil („belt-line“) durch das Hauptseil betrieben wird. An der linken Seite ist die 3.7 m im Durchmesser messende Seilscheibe, die die Richtung des Seiles umkehrt; auf derselben Achse befindet sich ein 1.85 m grosses Rad, dem gegenüber ein ebenso grosses Rad angebracht ist, so dass das Seil zweimal um das Triebrad gehen kann. An der rechten Seite der Zeichnung ist der Spannapparat des Hilfsseiles zu sehen. Fig. 18 ist der Grundriss des Maschinenhauses und der Betriebsanlage. Um die nöthige Reibung des Seiles zu erhalten, läuft dasselbe über zwei Trommeln, die durch dieselbe Achse gedreht werden und etwas schief gegeneinander gesetzt sind, so dass die miteinander korrespondirenden Rinnen am unteren Theil der Trommel in einer geraden Linie liegen und am oberen Ende um die Breite einer Rinne von einander entfernt sind. Hinter jedem Paar Triebtrommeln ist der Spannapparat. Fig. 17 ist ein Schnitt durch den „Dummy“.

Herr Holmes, Präsident der Chicago City Railway Company sprach vor einer am 9. und 10. Oktober 1883 in Chicago abgehaltenen Versammlung der American Street Railway Association über die Erfahrungen, welche bisher mit den Seilbahnen Chicagos gemacht wurden. Unter Anderem sagte er:

„Wir haben jetzt im südlichen Theile der Stadt 20¼ Meilen (32.6 kg) Seile im Betrieb. Wir mussten grosse Schwierigkeiten im Bau und Betriebe überwinden; die Un erfahrenheit der Angestellten verursachte im Anfang viele Störungen; jetzt sind dieselben aber so eingeübt, dass der Betrieb ruhig und ohne Unterbrechung vor sich geht.“

„Die Umänderung unserer Pferdebahnen in Seilbahnen war ein sehr kostspieliges Unternehmen, das sich aber gut

bezahlt hat. Die Ersparung an den Betriebskosten, wenn dieselbe Anzahl Wagen von Pferden gezogen in Betracht genommen wird, ist genügend, um die Zinsen des Anlagekapitals zu decken. Zu gewissen Tageszeiten wird die Anzahl der Passagiere plötzlich sehr gross; es war unmöglich diesem zeitweiligen Andrang mit Pferdebetrieb zu genügen, ausgenommen mit grossen Extrakosten.“

„Dieser Umstand war von grossem Einflusse, als die Einführung der Seilbahnen zuerst erörtert und beschlossen wurde. Seit der Seilbetrieb eingeführt ist, können wir den grössten Personenandrang ohne Schwierigkeiten bewältigen. Früher liefen gleichzeitig 60 Personenwagen auf unseren Linien, jetzt 180. Mit Pferden kostete der Betrieb (25 Cents pro engl. Meile) 62 Pfg. pro Kilometer, mit Seilbetrieb kostet er halb so viel. Der Seilbetrieb ist selbst dann vortheilhaft, wenn man die Zinsen der grossen Bausumme in Betracht zieht. Die Baukosten einer Seilbahn sind in Chicago grösser, als in manchen anderen Städten, da die Strassen auf aufgefülltem Grunde gebaut sind, was theuere Fundamente erfordert. Das Drahtseil kostet 3.10 Mk. pro Meter; der Bau der Bahn kostete 261.000 Mk. pro Kilometer. Während der ersten Monate des Seilbetriebes kamen mehrere Unfälle vor, die aber alle durch die eigene Schuld der aus- und einsteigenden Leute verursacht waren. Die Erfahrung der letzten sechs Monate zeigt, dass die Anzahl der Unfälle auf den Seilbahnen viel geringer ist, als auf den mit Pferden betriebenen Bahnen.“

„Die Gesamtkosten der jetzt im Betrieb befindlichen Linien, einschliesslich Bau, Maschinenanlagen und Betriebsmittel, war 10.000.000 Mk. Die anfänglich gebrauchten hölzernen Backen der Greifer haben sich nicht bewährt, da sie selbst im trockenen Wetter nicht länger als vier Tage aushielten; wenn es stark regnete, waren sie schon in einer halben Stunde unbrauchbar; es wurde beobachtet, dass der Theer der Seile durch die hölzernen Backen sehr rasch abgerieben wurde. Dieselben sind jetzt durch bronzene und messingene Backen ersetzt, die sich gut bewähren und durchschnittlich 30 Tage aushalten.“

„Die Seilbahnen Chicagos sind jetzt vier Jahre lang im Betrieb und durchwegs erfolgreich. Die Betriebszeit ist 20 Stunden pro Tag. Der Winter 1883/84 war ein sehr strenger, während aber durch den Schneefall der Verkehr auf den Pferdebahnen zeitweise unmöglich gemacht wurde, konnten die Seilbahnen ununterbrochen betrieben werden.“

Die folgende Tabelle enthält einige Einzelheiten, welche in Bezug auf die in den beiden Hauptstrassen Wabash Avenue und State Street laufenden Seilbahnen von Interesse sind.

Das Seil der Cottage Grove Avenue-Linie ist das längste von allen bis jetzt gebauten Strassenseilbahnen.

Das Maschinenhaus, von dem das ganze System betrieben wird, liegt ungefähr in der Mitte der State-Strassen Linie.

Der Verkehr der Seilbahnen hat ungemein zugenommen.

Ein Dummy zieht gewöhnlich zwei und oft drei Wagen, mit zusammen 250 Passagieren. Es ist vorgekommen, dass 100.000 Passagiere an einem Tage befördert wurden.



Tabelle X.

Bahnabtheilung	Oertlichkeit	Länge des Seiles	Gesamtlänge
		Meter	Kilometer
Wabash Avenue	Vom Maschinenhaus nach der Madison-Strasse und zurück	7.196	
Cottage Grove Avenue	Vom Maschinenhaus bis zum Ende südlich von der 39. Str. und zurück	8.465	
22. Strasse	Entlang der 22. Strasse	818	
Hilfslinie	Von der Wabash Avenue und der Madison Street	1.323	
	Summe	17.802	17·8
North State Street-line	Vom Maschinenhaus nach der Madison Street und zurück	6.185	
South State Street-line	Vom Maschinenhaus bis zum Ende südlich von der 39. Str. und zurück	7.252	
Gürtellinie	Von der State Street und Ende der Madison Street nach der Wabash Avenue	1.329	
	Summe	14.766	14·8

Auf eine Anfrage des Herrn Chas. H. Phelps in New-York schrieb Herr C. B. Holmes, Präsident und Betriebs-Direktor der Chicago City-Railway, folgenden Brief:

Chicago, 9. März 1883.

„Es freut mich, dass ich Ihre Frage wegen des Betriebes unseres Seilbahnsystems während des Winters mit der Versicherung beantworten kann, dass wir ohne irgendwelche Unterbrechung den ganzen Winter hindurch gelaufen haben. Der Frost ist bis zu 1·7 m in den Boden eingedrungen; wir haben starken Schneefall und sehr heftige Regen gehabt, welchen starker Frost folgte. Die Temperatur sank auf — 34° C. Unsere Bahn ist in keiner Weise durch diesen harten Winter belästigt worden.“

Die Länge der Backen der Greifer beeinflusst die Abnützung der Seile. Die kürzesten Backen hat die Clay-

Strassenbahn (9 cm); die der Market- und der Sutter-Strassenbahn sind 30 cm lang und die der Chicago-Bahnen haben eine Länge von 61 cm.

Die für den Betrieb der Seilbahnen nöthige Kraft hängt sehr von dem Zustande der Seilscheiben in den Strassenröhren ab. Herr G. M. Dickie, Betriebs-Direktor der Union Iron Works, welche die neuen Maschinen der Sutter-Strassenbahn gebaut haben, sagte in einer Discussion, die in der Technical Society of the Pacific Coast stattfand, dass, als die Maschinenanlage vor der endgiltigen Annahme seitens der Strassenbahn-Gesellschaft probirt werden sollte, er darauf bestanden habe, die Oelung der Seilscheiben durch seine eigenen Leute besorgen zu lassen. Die Strassenbahn-Gesellschaft hatte damals einen Vertrag mit einer Oel-Kompagnie, wonach die letztere die Oelung der Seilscheiben für einen gewissen Preis besorgte. Herr Dickie fand, dass die gebrauchten Schmiermittel schlechter Natur waren und leicht hart wurden, so dass sich die Scheiben nicht mehr drehen konnten. Er liess all' die Seilscheibenlager und Achsen reinigen, stellte seine eigenen Leute an und gebrauchte das beste Schmieröl. Die Folge war, dass er die nöthige Betriebskraft um 40 Pferdek. verminderte.

Los Angeles, eine blühende Stadt im südlichen Theile des Staates California, hat auch eine Seilbahn. Dieselbe ist 2·5 km lang und hat nur ein Geleise mit einer Anzahl von Ausweichplätzen. Wenn der Wagen sich der Ausweichstelle nähert, wird das Seil fallen gelassen und der Wagen passirt die Weiche durch seine eigene Schwere. Es liegt hier nur eine Seilröhre, in der das endlose Seil hin- und zurückläuft; die Seilscheiben in der Strassenröhre sind 8·5 m von einander entfernt und in abwechselnder Stellung. An jedem Ende der Bahn befindet sich eine Drehscheibe. Das Maschinenhaus liegt in der Mitte der Bahn. Der Cylinder der Dampfmaschine hat einen Durchmesser von 35 cm, der Kolbenhub ist 75 cm. Das Drahtseil misst 75 mm im Umfang. Der Bau begann am 15. April 1885 und die

Tabelle XI.

Name der Bahn	Clay Street Hill Railroad	Sutter Street Railroad	California Street Railroad	Geary Street Railroad	Presidio, Union and Ferries Railroad	Chicago City Railway	Market Street Cable Railway Co.
Betriebseröffnung	1. Sept. 1873	27. Jänn. 1877	9. April 1878	16. Febr. 1880	23. Okt. 1880	28. Jänn. 1882	22. Aug. 1883 u. 1. Jänn. 1886
Maximalsteigung	158°/00	85°/00	177°50°/00	95°/00	189°/00	~	120°50°/00
Anzahl der Dampfmaschinen	2	2	2	2	2	4	4 + 2 + 2
Gewicht eines leeren Personenwagens	1268 kg	1358 kg	2040 kg	1810 kg	1946 kg	2640 kg	4350 kg
Gewicht eines leeren Dummy	950 „	906 „	1855 „	1992 „	1946 „	2332 „	kombinirt
Zeit zwischen zwei aufeinanderfolgenden Wagen	3—5 Minuten	4 Minuten	5 Minuten	2½—6 Min	4—6 Minuten	3 Minuten	1—3 Minuten
Durchschnittliche Anzahl der täglichen Rundreisen	221	253	226	228	210	729	658
Durchschnittliche Anzahl Wagen und Dummies im Betrieb	7	14	14	16 an Wochentagen 20 an Sonntagen	15	87	—
Anzahl der Betriebsstunden pro Tag	17½	19½	19	19	17½	20	20¾
Anzahl der einzelnen Drahtseile im Betrieb	1	3	2	2	2	3	7
Länge der Drahtseile	3353 m	2591 m	2695 m 5200 „	4876 m 3353 „	4115 m 3810 „	6277 m 6998 „ 1317 „	7354 m 6700 „ 6097 „ 6245 „ 1829 „
Umfang des Drahtseiles	77 mm	76 mm	104—102 mm	76 mm	82 mm	102 mm	104 mm
Geschwindigkeit des Seiles pro Minute	161 m	128—238 m	163 m	183—198 m	163 m	108, 219 und 245 m	229 m

Bahn wurde am 15. August desselben Jahres dem Betrieb übergeben. Die Strassenröhre ist jener der Clay-Strassenbahn ähnlich, desgleichen sind die Wagen und Dummys nach demselben Modell gebaut, während der Greifer wie bei der Sutter-Strassenbahn gestaltet ist. Die Spurweite der Bahn ist 1.07 m.

Diese Bahn wurde hauptsächlich gebaut, um bis dahin schwer zugängliche, schwach bewohnte Stadtviertel zugänglich zu machen. Auch hier hat der Bau und Betrieb der Seilbahn den günstigen Einfluss auf den Werth des Grundeigenthums gehabt.

Die folgenden Angaben beziehen sich auf die Kosten einer 5 km langen zweigeleisigen Seilbahn.

#### 1. Baukosten (für 1 km).

	Mark
Erdaushub für die Seilröhre, Einsetzen der Röhre, Legen des Geleises, Wiedereinfüllen des Aushubs und Pflasterung der Strasse . . . . .	14.930.—
1680 gusseiserne Rahmen à 67.5 kg, 113.400 kg à 26.4 Pfg. . . . .	29.937.60
164 Seilscheiben, 28 cm im Durchmesser, à 8 Mk. . . . .	1.312.—
13 gusseiserne Rahmen für Einsteiglöcher à 80 Mk. . . . .	1.040.—
Eisenblech für die Seilröhren, 31.400 kg à 31 Pfg. . . . .	9.734.—
Winkelleisen für die Schlitzte, einschliesslich Bohren der Nietenlöcher, 80.000 kg à 40 Pfg. . . . .	32.000.—
Andere Eisen für die Schlitzte, 50 × 13 mm, 20.300 kg à 31 Pfg. . . . .	6.293.—
Balken, Schwellen und Bretter . . . . .	7.950.—
Schienen, 19.8 kg pro 1 m, 82.5 t à 244 Mk. . . . .	20.130.—
Laschen, 1690 kg à 35 Pfg. . . . .	591.50
Speichen . . . . .	603.—
Schraubenbolzen, 4650 kg à 57 Pfg. . . . .	2.650.50
Baukosten eines Kilometers, zweigeleisig . . . . .	127.141.60
2000 m Drahtseil (75 mm im Umfang), 4660 kg à 2 Mk. . . . .	9.320.—
Gesamtbaukosten eines Kilometers . . . . .	136.461.60
„ von fünf Kilometer . . . . .	682.308.—

#### 2. Maschinen und Betriebsmittel.

	Mark
2 horizontale Dampfmaschinen, 356 × 762 mm, inclusive Aufstellung . . . . .	23.200.—
2 Kessel, horizontal, 1.32 m im Durchmesser, 4.9 m lang. . . . .	18.000.—
Wasserbehälter, Pumpe und Vorwärmer . . . . .	6.000.—
Spannapparat am Ende der Linie . . . . .	7.200.—
Triebwerk, Seilscheiben u. s. w. . . . .	26.000.—
15 Personenwagen à 3600 Mk. . . . .	54.000.—
15 Dummys mit Greifer à 2800 Mk. . . . .	42.000.—
Gesamtkosten, Betriebsmaterial und Maschinerie für 5 km. . . . .	176.400.—

#### 3. Grunderwerb und Hochbauten.

	Mark
Grunderwerb . . . . .	40.000.—
Hochbauten . . . . .	40.000.—
Gesamtkosten des Grunderwerbes und der Hochbauten . . . . .	80.000.—

#### 4. Unvorhergesehenes.

	Mark
10% der Summe der obigen drei Abtheilungen . . . . .	92.292.—
Totalkosten einer 5 km langen Drahtseil-Strassenbahn . . . . .	1.031.000.—

Patentgebühren sind hierin nicht berücksichtigt.

Die diesem Voranschlage zu Grunde gelegten Einheitspreise, gültig für San Francisco 1885, sind:

#### Tagelöhne:

	Mark pro Tag		Mark pro Tag
Maschinenisten . . . . .	12.—	Mörtelmacher . . . . .	8.—
Maurer . . . . .	12.—	Arbeiter . . . . .	6.—
Schmied . . . . .	12.—	Aufseher der Arbeiter . . . . .	10.—
Zimmermann . . . . .	12.—		

#### Materialien etc. etc.

Kosten des Betriebes der Reparaturwerkstätte. . . . .	2.40 Mk. pro Stunde
Gusseisen . . . . .	26 Pfg. pro Kilogramm
Stangeneisen . . . . .	26 „ „ „
Galvanisirtes Eisenblech. . . . .	40 „ „ „
Gewöhnliches „ . . . . .	31 „ „ „
Nägel. . . . .	80 „ „ „
Kosten des Betriebes der Schmiede . . . . .	5 Mk. pro Stunde
Ziegelsteine . . . . .	40 Mk. pro 1000 Stück
Cement . . . . .	11 Pfg. pro Kilogramm
Eiserne Schienen . . . . .	244 Mk. pro 1000 kg
Kohle . . . . .	24 „ „ 1000 „

Die folgenden Angaben geben die durchschnittlichen Betriebskosten einer Pferdebahn und einer Seilbahn unter gleichen Verhältnissen und mit der Annahme, dass sich die Wagen in je 2 1/2 Min. folgen. Die Geschwindigkeit der Pferdebahn ist mit 7.25 km und die der Seilbahn mit 9.65 km pro Stunde angenommen.

Durchschnittliche Betriebskosten einer doppelgleisigen 5 km langen zweigeleisigen Pferdebahn (32 Wagen im Gebrauch, ein Wagen jede 2 1/2 Min.; Geschwindigkeit 7.25 km):

	Mark
Stall und Futter für 288 Pferde à 720 Mk. pro Jahr . . . . .	207.360.—
Schuhe der Pferde, 288 à 96 Mk. pro Jahr . . . . .	27.648.—
Erhaltung der Geschirre, 288 à 30 Mk. pro Jahr . . . . .	8.640.—
Erhaltung der Pferde, 288 à 1/3 500 Mk. (Gebrauchsdauer eines Pferdes drei Jahre). . . . .	48.000.—
Erhaltung der 32 Wagen à 720 Mk. pro Jahr . . . . .	23.040.—
Löhne der Kondukteure, 32 à 10 Mk. pro Tag. . . . .	116.800.—
Löhne der Fuhrleute, 32 à 9 Mk. pro Tag. . . . .	105.120.—
Zinsen von den Kosten der Wagen, 32 à 3600 Mk. = 115.200 Mk. zu 6% . . . . .	6.912.—
Zinsen von den Baukosten 128.000 Mk. zu 6% . . . . .	7.680.—
Zinsen von den Kosten der Pferde, 288 à 500 Mk. = 144.000 Mk. zu 6% . . . . .	8.640.—
Gesamtkosten des Betriebes einer Pferdebahn für ein Jahr . . . . .	559.840.—

Die Verwaltungskosten sind hierin nicht inbegriffen.

Durchschnittliche Betriebskosten einer doppelgleisigen Drahtseil-Strassenbahn, 5 km lang, 24 Wagen und 24 Dummys; ein Zug jede 2 1/2 Min.:

	Mark
Kohlen, 970 t à 24 Mk. . . . .	23.280.—
Lohn eines Maschinisten . . . . .	4.800.—
Lohn zweier Heizer à 2400 Mk. . . . .	4.800.—
Löhne der „Gripmen“ 10 Mk. pro Tag, 3650 Mk. pro Jahr . . . . .	87.600.—
„ „ Kondukteure 10 „ „ „ 3650 „ „ „ . . . . .	87.600.—
Erhaltung der 24 Wagen à 720 Mk. . . . .	17.280.—
„ „ 24 Dummys à 800 Mk. . . . .	19.200.—
„ des Drahtseiles . . . . .	40.600.—
„ der Dampfmaschine und Betriebseinrichtung, 15% vom Neuwerthe (Mk. 80.000) . . . . .	12.000.—
Zinsen von den Gesamtkosten der Bahn, 6% von 967 082.20 Mk. . . . .	58.027.—

Gesamtbetriebskosten pro Jahr . . . . . 354.587.—

Pferdebahn. . . . .	559.840.—
Drahtseilbahn . . . . .	354.587.—

Unterschied zu Gunsten der Drahtseilbahn für ein Jahr . . . . . 205.253.—

Zu Gunsten der Seilbahnen muss auch noch deren grössere Leistungsfähigkeit in Anschlag gebracht werden.

Die folgenden Angaben beziehen sich auf eine Drahtseilbahn von derselben Leistungsfähigkeit, als die der obenerwähnten Pferdebahn.

Jährliche Betriebskosten einer Drahtseil-Strassenbahn; 12 Wagen und 12 Dummys, Sitzraum für 44 Leute, Geschwindigkeit 9.7 km pro Stunde. Zeit, in der sich die Wagen einander folgen, 5 Min.; Länge der doppelgleisigen Bahn: 5 km.





seit jeher bemüht, durch Beleuchtung der istrianisch-dalmatinischen Küste und durch Eröffnung von Hafenplätzen den Interessen des Handels und der Schifffahrt gerecht zu werden. Wenn auch die diesbezüglichen Leistungen nicht mit der Grösse der Aufgabe im Einklange stehen (das Jahresbudget für Bau und Erhaltung von Seeleuchten und Hafenanlagen an der österreichischen Küstenstrecke übersteigt nicht 800.000 fl.), so zeugt doch die jüngste Anlage der zwei grossartigen Handelshäfen in der Bucht von Triest und am Quarnero, welche nach ihrer Vollendung die bedeutende Summe von 40 bis 50 Mill. Gulden gekostet haben werden, von dem ernstesten Bestreben der Regierungen von Cis- und Transleithanien, sich ebenbürtig an die Seite der seefahrenden Nationen zu stellen, deren Hafenplätze die Küsten des Mittelmeeres einsäumen und mit welchen Triest und Fiume regelmässige Schifffahrtsverbindungen unterhalten.

Es sind dies die Häfen von Barcelona, Marseille, Genua, Neapel, Venedig, Pyräus, Salonik, Constantinopel und Smyrna.

Abgesehen von den internationalen und handelspolitischen Momenten ist die Kenntniss der genannten Häfen des Auslandes in Bezug auf maritime Anlage und betriebstechnische Einrichtung für uns von besonderer Wichtigkeit. Die der europäischen, weil sie hervorragende Emporien der vorzugsweise Schifffahrt treibenden Nationen sind und als Muster der Nachahmung für die einheimischen Plätze dienen können. Und die Häfen von Griechenland und der Türkei interessieren uns aus dem Grunde, weil unsere Hafenplätze an der Adria, als die wichtigsten Ausgangspunkte des gesammten deutschen und österreichisch-ungarischen Durchfuhrhandels, vorzugsweise nach der Levante gravitiren.

Eine vergleichende Rundschau der genannten Häfen in bau- und betriebstechnischer Beziehung dürfte daher nicht ohne Interesse sein. Dieses Bild Ihnen, geehrte Herren, zu entwerfen, mit möglichst getreuer Wiedergabe der durch persönlichen Augenschein geschöpften Beobachtungen, ist die Aufgabe der heutigen Mittheilung, welcher ich nur noch vorausschicken will, dass ich den ausländischen Häfen auch die einheimischen von Triest und Fiume hinzufügen und denselben wegen der besonderen Bedeutung, welche sie für uns besitzen, eine hervorragende Stelle im Vortrage einräumen werde.

Nun, meine Herren, welches sind die Anforderungen, welche wir berechtigt sind, an einen Hafen der Neuzeit zu stellen?

Ein Hafen der Neuzeit soll ein Umschlagsplatz sein, ausgestattet mit allen Attributen der modernen Technik in Bezug auf Bau und Betrieb.

Ist die Erfüllung dieser Aufgabe schon bei einem Umschlagsplatze der Fluss- oder Kanalschifffahrt eine schwierige, so ist sie es umsomehr bei der Seeschifffahrt.

Hier handelt es sich in erster Linie um die Schaffung eines sicheren Ankerplatzes mit bequemer Ein- und Ausfahrt bei jedem Wind und Wetter. Dieser Ankerplatz soll die entsprechende Wassertiefe und diejenige Ausdehnung besitzen, welche den Fahrzeugen die ungehinderte

Ausführung der Schiffsmanöver und Ladeoperationen gestattet. Hier sind die herrschenden Windrichtungen, die unterseeischen Strömungen, die Beschaffenheit des Meeresbodens, die verschiedenen Typen der Fahrzeuge, kurz alle einschlägigen Faktoren auf das Genaueste zu studiren, um darnach das Bausystem, die Anordnung im Grundrisse, sowie Richtung und Dimensionirung der Bauobjekte zu bestimmen.

In zweiter Linie erscheint dann die Herstellung derjenigen Einrichtungen, welche sich auf die rasche und billige Besorgung der Waarenmanipulationen sowie auf die innige Verbindung zwischen Schiff und Land beziehen. Es ist dies die sogenannte Ausrüstung des Hafens. Hier sucht man mit Hilfe vollkommener Mechanismen und expeditiver Verfahrungsweisen das gesteckte Ziel mit dem geringsten Aufwande von Zeit und Geld zu erreichen.

Der Ingenieur, welcher die Lösung der doppelten Aufgabe nach der bau- und betriebstechnischen Richtung zu besorgen hat, muss sich daher die Frage stellen, wie die den Anforderungen entsprechenden Elemente in harmonischen Einklang zu bringen sind, um der Neuschaffung eines Hafens das Gepräge der möglichsten Vollkommenheit zu verleihen.

Als erste Regel gilt allerdings, dass die genaue Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse in maritimer und kommerzieller Beziehung den einzig richtigen Maassstab bilden kann für die entsprechende Wahl der zur Herstellung des Hafens nöthigen Elemente. Die Wahl dieser Elemente ist demnach sehr verschieden. Trotzdem hat die bisherige Erfahrung die Richtigkeit gewisser Grundsätze bestätigt, welche in Folgendem ihren Ausdruck finden mögen.

Bezüglich der maritimen Anlage hat sich das im Grundrisse adoptirte System grosser, durch einen Wellenbrecher gegen die Aussenwinde geschützter Bassins bewährt und empfiehlt sich auch aus dem Grunde, weil es bei zunehmendem Schiffsverkehr eine stetige Vergrösserung der Anlage gestattet. Die Länge und Tiefe der Bassins, sowie die Richtung und Breite der Moli bilden dabei die wesentlichen Elemente für die gesammte Anordnung der Hafenbecken. In der neueren Zeit vermehrt man die Tiefe der Bassins bis auf 9m und reduzirt die Länge derselben auf 120—150m, d. h. auf die Länge eines einzigen Waarendampfers. Dafür vermehrt man die Anzahl der Molen, gibt ihnen eine Breite von 90—100m und eine solche Richtung gegen die Riva, dass die Verbindung der Ufer- und Molegeleise mittelst Weichen (mit Ausschluss der Drehscheibe) bewerkstelligt und somit die Ab- und Zufuhr ganzer Züge ermöglicht werde. \*)

Schwieriger als die Anordnung der Bassins im Grundrisse ist die Frage des Vorhafens, welcher heute als ein

\*) In Verfolgung dieses Prinzips werden die Molen nicht, wie bisher üblich, senkrecht auf die Rivalinie angelegt, sondern bilden mit derselben einen spitzen Winkel von 35—40°. Als neuestes und einziges Beispiel dieser Art kann der seit Anfang dieses Jahrzehntes im Bau begriffene Hafen von Dunkerque in Frankreich gelten. Ein Plan des Hafens wird vorgezeigt, welcher den Stand des Hafens vor dem Beginne der Arbeit (1879) und nach der Vollendung der geplanten Vergrösserung enthält.

nothwendiges, die Ein- und Ausfahrt der Bassins sicherndes Element bei allen modernen Anlagen gefordert wird. Die Richtung und Dimensionirung der den Vorhafen bildenden Bauobjekte sind Funktionen der herrschenden Winde und können daher nur durch die genaue Kenntniss derselben bestimmt werden.

Als Bausystem hat sich das der künstlichen Blöcke und als Vertauungsmittel im Innern der Bassins das der verankerten Bojen das ausschliessliche Bürgerrecht erworben.

Bezüglich der Hafenausrüstung zu Lande wird die schnellste und billigste Besorgung des Ladens und Löschens, sowie des Transportes der Waaren nach der Stadt oder der Bahn angestrebt und zur Lagerung der nicht transitirenden Güter für entsprechende Räume gesorgt. In diesem Sinne werden Bassins und Molen, sowohl untereinander als auch mit den Magazinen, durch ausgiebige Geleise- und Strassenanlagen verbunden, Rangirbahnhöfe (*gâres maritimes*, d. h. Seestationen) als wichtiges Verbindungsglied zwischen Hafen und laufender Bahn errichtet, endlich hydraulische Krahne, Elevatoren und Winden einer stets grösseren Anwendung zugeführt. Ein besonderes Gewicht wird auf die Anwendung des hydraulischen Systems bei Lade- und Hebevorrichtungen gelegt. In der That bieten solche Vorrichtungen ausser der sofortigen Leistungsfähigkeit, der Abwesenheit jeder Feuergefahr, der Einfachheit, Sicherheit und Billigkeit des Betriebes u. s. w. grosse ökonomische Vortheile vor den durch Dampf getriebenen Apparaten, wie die Erfahrungen der englischen Häfen schon längst bewiesen haben. Hier haben sich hydraulische Maschinen, deren Erfindung bekanntlich dem Ingenieur *A r m s t r o n g* zu danken ist, schon seit Jahrzehnten eingebürgert und die Häfen Albions geradezu zu Musteranlagen erhoben; eine Thatsache, welche selbst von den französischen Ingenieuren ohne Hehl eingestanden wird. So geben die Herren *L a r o c h e* und *L e P l o c q*, welche im Auftrage des französischen Bautenministeriums die nordeuropäischen Handelshäfen ihrem Studium unterzogen haben, in dem im Jahre 1882 erschienenen Berichte\*) die Superiorität der englischen Häfen über die Frankreichs zu und bekennen mit seltenem Freimuth, dass die Einrichtungen der Waarenschuppen, Magazine, Trockendocks und hauptsächlich der Gebrauch hydraulischer Apparate überall eine Entwicklung zeigen, von der man sich in keinem der französischen Häfen auch nur die geringste Idee zu machen im Stande sei. Es ist dies eben die verkörperte Illustration des englischen „*Time is money*“ und des geflügelten Wortes des englischen Rheders, welcher sagt, „dass das blosses Ansehen der Waare schon Geld koste“.

Nach dieser allgemeinen Charakteristik der Erfordernisse eines modernen Hafens nach der maritimen und kommerziellen Richtung komme ich zur Beschreibung der europäischen Mittelmeerhäfen.

Doch gestatten Sie mir zuerst, eine Frage von prinzipieller Wichtigkeit zu erörtern. Wer baut, wer ver-

\*) Siehe: *Exploitation des ports. Etude sur les principaux ports de commerce de l'Europe septentrionale* par Mr. *P l o c q*, Inspecteur général des Ponts et Chaussées et Mr. *L a r o c h e*, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées (1882. Paris, Imprimerie nationale).

waltet, wer betreibt die Häfen? Ist es Aufgabe des Staates dieses zu thun? Oder ist es zweckmässiger, solches der privaten Unternehmung zu überlassen? Letzteres System besteht in den nordischen Häfen Englands, Deutschlands und Hollands,\*) welche sich bekanntlich einer grossen Prosperität erfreuen. In der That sind die privaten Gesellschaften nicht nur ebenso einfach als praktisch organisirt, sondern auch im eigensten Interesse bemüht, die Leistungsfähigkeit des Hafens zu erhöhen und damit das Erträgniss desselben zu vermehren; — beides durch eine gewissenhafte Förderung der maritimen und kommerziellen Interessen. Den ersten dient man durch die Einführung der besterprobten Systeme für Bau und Ausrüstung der Häfen, den zweiten durch Schaffung gesunder Institutionen handelspolitischer und seepolizeilicher Natur. Zu letzteren zählen alle Erleichterungen, welche zur Hebung des Schiffsverkehrs dienen können, als: Verminderung der Hafengebühren und Ladespesen, Begünstigung des Transitverkehrs, Einführung der Warrants für Belehnung der im Depôt befindlichen Waaren, endlich Vereinfachung aller Manipulationen und Funktionen, welche zur Wahrung der Zoll-, Finanz- und anderer Interessen von den Organen des Staates geübt werden müssen.

Es ist kein Zweifel, dass eine solche verständnissvolle Berücksichtigung der Schifffahrts- und Handelsinteressen die Wirksamkeit von privaten Gesellschaften wesentlich fördert. Aber zur Gründung dieser gehört Unternehmungsgeist und Kapital. Da wo diese Elemente fehlen, sieht sich der Staat gezwungen, selbst einzugreifen. Er besorgt daher die Herstellung der maritimen Anlage und überlässt deren Betrieb der Privatspekulation, wenn solche zu finden ist. Wenn nicht, so ist der Staat gezwungen, auch den Betrieb in die Hand zu nehmen.

Wir begegnen daher in Beantwortung der oben gestellten Fragen zwei verschiedenen Systemen. Nach dem ersten befindet sich Bau und Betrieb in den Händen der Regierung oder einer privaten Unternehmung. Nach dem zweiten baut der Staat blos und überlässt den Betrieb einer Gesellschaft. Beide Systeme sind im Mittelmeere vertreten, wie wir in Kürze erfahren werden.

#### Die europäischen Häfen.

Die Bedeutung der zu besprechenden Häfen erhellt aus dem jährlichen Waarenverkehr, welcher aus folgenden, den Tonnengehalt der Schiffe (Import und Export) repräsentirenden Ziffern ersichtlich ist. Dieser beträgt für:

Marseille . . . . .	4,600.000 t
Genua . . . . .	2,700.000 t
Barcelona . . . . .	1,725.000 t
Neapel . . . . .	1,700.000 t
Venedig . . . . .	1,560.000 t

\*) Die wichtigsten Handelshäfen von Nord-Europa befinden sich in den Händen von Städten, Gesellschaften, Vereinen etc., welche sie erbauen, verwalten und betreiben, während der Staat nur gewissen Maassregeln allgemeiner Natur die gesetzmässige Sanktion ertheilt. Als hervorragendes Beispiel dieser Art kann Rotterdam gelten. Hier war es, wo man dem Präsidenten der k. k. Seebehörde in Triest, als er, auf einer Studienreise im Jahre 1880 begriffen, die Empfehlungsschreiben seiner Regierung präsentirte, antwortete: „Hier gibt es keine Regierung von Holland, sondern nur einen Stadtrath von Rotterdam“.

Die Situationspläne dieser Häfen sind in den Fig. 1, 2, 3, 4, 5, (Taf. XIV) und die Profile der Kaimauern in den Fig. 6, 7, 8, 9, 10 (Taf. XIV) dargestellt.

Ich beginne mit Marseille, welches als die hohe Schule für den Bau und die Ausrüstung der Mittelmeerhäfen gelten kann. In der That zeigt der französische Hafen, in welchem seit drei Jahrzehnten (1854—1884) an der Vollendung seiner Bassins gearbeitet wird, alle Phasen der Entwicklung eines modernen Hafens. Mit Rücksicht hierauf ist sein Studium höchst lehrreich und zeigt die merkwürdigen Wandlungen, welche die Lösung der auf Bau und Betrieb bezüglichen Fragen im Laufe der Zeiten gemacht hat und machen musste in Folge des Umwandlungsprozesses, welcher sich seit bald zwei Jahrzehnten sowohl beim Schiffsbau als auch im Verkehrswesen vollzieht. Nach der ersten Richtung erkennt man die Tendenz, im Sinne einer erhöhten Sparsamkeit und daher Leistungsfähigkeit den Waarendampfern einen grösseren Tonnengehalt (bis zu 4000 *t*) zu geben. Die hiedurch gestiegenen Dimensionen in Bezug auf Länge und Tauchtiefe erheischen daher folgerichtig grössere und tiefere Bassins. Und was die Aenderung im Verkehrswesen betrifft, so gipfelt sie in der Thatsache, dass der Zwischenhandel in den wichtigeren Hafenplätzen mehr in den Hintergrund tritt und ein stetig wachsender Theil der Güterbewegung lediglich transitirt, ohne die kommerzielle Thätigkeit des Ortes zu beanspruchen oder zu befruchten. Diese Erscheinungen haben auch im Golf von Lyon ihre Konsequenzen geltend gemacht, und ist daher nicht Alles nachahmenswerth, was dort zu finden ist, weil theilweise schon veraltet.

Trotzdem ist Marseille mustergiltig geworden, sowohl für die Anlage im Grundrisse als auch für das Bausystem, welche beide ziemlich allgemein adoptirt worden sind. Das erste betrifft die Anlage geräumiger, durch einen Hafendamm geschützter Bassins, und das Bausystem besteht in der Verwendung künstlicher Blöcke zur Herstellung der Kaimauern. Nur vermehrt man die Wassertiefe im Inneren der Bassins und längs der Kaimauern (erstere bis 9 *m* und letztere bis 7 *m*), sowie die Länge der Blöcke (bis auf 4 *m*), welche nach Umständen in Béton oder in gewöhnlichem Bruchsteinmauerwerk hergestellt werden. Als Novum sei erwähnt, dass in Barcelona aus Oekonomie die Blöcke im Inneren ausgehöhlt werden. Ebenso ist zu bemerken, dass in dem genannten Orte, sowie in Genua, Neapel und Venedig die Blöcke treppenartig mit kleinen Absätzen von 30—50 *cm* nach rückwärts gesetzt werden, während in Triest und Fiume aus maritimen Rücksichten darauf gedrungen wird, dass die Blöcke in einer Flucht übereinander zu stehen kommen und zwar ohne alle Vorsprünge.

Besonders mustergiltig ist Marseille für die Betriebs-einrichtung der jüngeren Häfen geworden; und zwar mit Recht, denn es besitzt in Herrn Barret, Director der Entrepôts-Gesellschaft, einen Fachmann, dessen theoretische und praktische Kenntnisse für die zweckentsprechende Ausrüstung eines Hafens europäische Berühmtheit erlangt haben. Dieses gilt speziell für die hydraulischen Hebevorrichtungen, für welche die Barret'sche Type eine fast allgemeine Anwendung gefunden hat.\*) Nach dieser Type

\*) In Marseille geschieht die Bewegung der Apparate unter einem Wasserdrucke von 53 *kg* auf den Quadrat-Centimeter und wird die be-

sind nicht nur 40 hydraulische Laufkrahne (mit einer Leistungsfähigkeit von 350—400 *t* pro Arbeitstag von 10 Stunden) für das neue Bassin national in Marseille bestellt, sondern sind auch in französischen, englischen und belgischen Häfen mehr als 600 Krahne ausgeführt worden. Genua und Barcelona sind auch im Begriffe den hydraulischen Betrieb in ihren neuen Bassins einzuführen, und werden auch hier je über 30 Krahne in Kürze ihre Thätigkeit beginnen.

Nicht der gleichen Nachahmung wie die hydraulischen Apparate erfreuen sich die übrigen Elemente der Betriebs-einrichtungen, als: Magazine, Hangars und Geleise-Anlagen, u. zw. aus praktischen, sowie aus ökonomischen Gründen. Nach der ersten Richtung empfehlen sich Magazine mit bloss zwei Stockwerken, weil eine grössere Anzahl Geschosse mit einem übermässigen Aufwande von Zeit und Geld verbunden ist. Die ökonomischen Gründe sprechen nicht für die Aufführung kostspieliger Bauten, da die zunehmende Tendenz des Transitverkehrs die grossen Lagerräume der Entrepôts entbehrlich macht. Eine Erfahrung, welche der Entrepôts-Gesellschaft in Marseille viel Geld gekostet hat. Und die auf den dortigen Molen errichteten Hangars mit Stockwerken finden deshalb keinen Anklang, weil diese Gebäude nicht für die Lagerung der Güter bestimmt sind, sondern bloss für die Prüfung und Uebernahme der von und zu Schiff kommenden Waaren, also einfach zu deren Durchschleusen zu dienen haben. Der ebenerdige Hangar mit den Perrons im Niveau der Plattformen der Waggon's ist der bis noch vorzugsweise beliebte Typus. Wir finden dieselben in Barcelona, Genua, Neapel, Venedig, Triest und Fiume vertreten. Genua hat gekuppelte, voneinander getrennte Hangars, von denen der erste für die rasche Unterbringung der gelöschten Waaren, der andere für die mehr Zeit erfordernde Zollmanipulation bestimmt ist. Die Frage, ob die Hangars Perrons erhalten oder im Niveau der Kaimauern belassen werden sollen, ist dahin zu beantworten, dass sich die ersteren bei vorherrschendem Bahntransport empfehlen, dagegen bei überwiegendem Verkehr von Streifwagen überflüssig werden. Nun ist in Marseille

wegende Kraft durch zwei Dampfmaschinen von je 120 Pferdek. und vier Akkumulatoren erzeugt, von denen zwei neben der Maschine angeordnet sind, um deren Gang zu regeln, und die beiden anderen am Ende der Leitung sich befinden, um den Druck im Gleichgewicht zu erhalten. Sobald die Dampfmaschine in Bewegung gesetzt wird, treibt sie durch eine Pumpe die Akkumulatoren in die Höhe und bleibt automatisch stehen, sobald letztere die grösste Höhe erreicht haben, setzt sich jedoch wieder selbstthätig in Bewegung, sobald irgendwo etwas Druckwasser verbraucht wird. Das Kompressionswasser wird in der unterirdischen Leitung (6500 *m* lang) zu jedem der Apparate geführt und setzt sie in den Stand, zu jeder Stunde des Tages oder der Nacht zu arbeiten. Die in Verwendung stehenden Apparate sind: Kaikrahne, u. zw. einfache mit 1 *t* und doppelte mit 1—3 *t* Tragfähigkeit, dann Elevatoren von 1¼—1½ *t*, endlich Fahrstühle mit 1—1½ *t* Tragfähigkeit zum Heben oder Herablassen der Waaren in den Stockwerken. Die vorzügliche Ausrüstung der der Entrepôts-Gesellschaft gehörenden Flächen erhöhte die Leistungsfähigkeit derselben in bedeutendem Maasse. Die im Jahre 1883 aus- und eingeschifftene Warenmenge hat 1,700.000 *t* betragen, was auf die in Benützung stehenden Kailängen vertheilt 670 *t* pro laufenden Meter und pro Jahr ergibt, während man bei den nicht eingerichteten Häfen nur 300—350 *t* pro Jahr und Meter annehmen kann.

der Verkehr von Streifwagen ein enormer. Diese besorgen den Transport der Massenartikel (im Jahre 1883 betrug derselbe 1,110.000 *t* oder ein Viertel des jährlichen Verkehrs) nach den industriellen und mechanischen Etablissements. Letzterer Umstand war für die neuen Hangars im Bassin national maassgebend und besteht der dort eingeführte Typus in grossen, 25 *m* breiten und 7 *m* hohen Hallen mit freitragendem Dachstuhl und ohne Perrons. (Siehe Fig. 11, Taf. XIV.)

Was die Geleise-Anlage betrifft, so erkannte man überall die Nothwendigkeit eines Rangirbahnhofes an und legte denselben möglichst nahe an die Hafenbassins, so in Barcelona, in Neapel, in Triest und Fiume, so in Genua. In letzterem Orte wird der neue Rangirbahnhof auf den Anschüttungsflächen des neuen Hafens vor den allgemeinen Magazinen errichtet. Dann wird Genua drei Rangirbahnhöfe besitzen, da gegenwärtig zwei bestehen, der von St. Benigno (es ist dies die Kohlenstation der Eisenbahn) und der in dem 1½ *km* entfernten Sampier darena.

Was die Geleiseverbindung längs der Kai- und Molo-mauern betrifft, so geht die allgemeine Tendenz dahin, dieselbe (mit Ausschluss von Drehscheiben) mittelst Weichen zu machen, um statt der Manipulation einzelner Waggons mit Hand, ganze Züge mit Lokomotiven befördern zu können, was namentlich bei Massenartikeln von Wichtigkeit ist. Diese Tendenz finden wir bei den Geleise-Anlagen von Barcelona, Genua, Neapel und speziell in Venedig vertreten. Aber mehr als in all' diesen Orten ist es in dem früher erwähnten Hafen von Dunkerque der Fall.

Desgleichen ist zu erwähnen, dass man bestrebt ist, einen freien Raum von 70—100 *m* Breite zwischen den Kai-mauern und den Lagerhäusern auszusparen, um sämtliche Lade- und Handelsoperationen in bequemer Weise vornehmen zu können. Die genannte Breite ist in Folge der grossen Entwicklung der Dampfschiffahrt nothwendig geworden. Diese duldet keinen Zeitverlust und verlangt, dass jedes Fahrzeug über einen hinreichend freien Platz verfüge, um die Güter löschen zu können, welche es bringt, und gleichzeitig zu laden, welche es nimmt. Diese Nothwendigkeit ist heute eine so allgemein anerkannte, dass man nicht scheut, den nöthigen Raum, selbst mit den grössten Geldopfern zu erkaufen. So ist in Barcelona die bekannte Hafenmauer demolirt worden, und in Genua geht man nach langem Zaudern daran, die berühmte Marmorterrasse abzutragen, um der Schiffahrt den nöthigen Platz zu bieten.

Ich habe noch einer für die Bedürfnisse der Schiffahrt wichtigen Anlage zu gedenken, welche ein Hafen, besonders wenn er zu den stark besuchten gehört, nicht leicht entbehren kann. Es sind dies die zum Repariren und Reinigen des Schiffskörpers dienenden Trockendocks. Die Zahl derselben richtet sich nach dem Schiffsverkehr und rechnet man je eines auf 800 Schiffe, welche im Jahr den Hafen anlaufen.

Marseille besitzt eine grossartige Anlage dieser Art, bestehend aus einem geräumigen Bassin für den öffentlichen Verkehr und aus vier Trockendocks für grosse Waarendampfer von 85—100 *m* Länge und 6—7 *m* Tauchtiefe. Noch ist Raum übrig für andere vier Docks. Genua

besitzt gegenwärtig 1 Bassin, 1 Trocken- und 1 Balancedock. Da diese jedoch weder der Zahl noch der Räumlichkeit nach dem Schiffsverkehre (12.400 im Jahre 1885) genügen, so ist für die Erbauung von zwei neuen Docks (von 160 und 200 *m* Länge und 10, resp. 9 *m* Tauchtiefe) Vorsorge getroffen worden. Die diesbezügliche internationale Preisbewerbung ist jüngstens von dem italienischen Bautenministerium ausgeschrieben und in unserer Wochenschrift veröffentlicht worden.

Ich komme zu den Systemen, nach welchen Verwaltung und Betrieb der europäischen Häfen ausgeübt werden.

In Marseille bestehen gegenwärtig zwei Gesellschaften, die Compagnie des Docks et entrepôts und die Handels- und Gewerbekammer. Die Konzessionsdauer der ersten Gesellschaft beträgt 99 und die der zweiten 30 Jahre. Die den beiden von der Regierung übertragenen Konzessionen sind wesentlich verschieden. Die erstere hat laut den Urkunden von 1856, 1860 und 1875 das Recht des Betriebes in den (um den Preis von 55 Mill. Francs) von ihr erbauten und ausgerüsteten Hafenbassins, so wie die Errichtung von Entrepôts und die Besorgung sämtlicher damit verbundener Geschäfte. Die zweite hat (laut Urkunde vom Jahre 1881) nicht das Recht, Waaren zu lagern, sondern nur die auf Laden und Löschen derselben bezüglichen Manipulationen zu besorgen. Diesemgemäss ist auch die Ausrüstung der Hafentheile verschieden. So finden wir längs der Bassins du Lazareth und d'Arenc, welche der Docksgesellschaft gehören, eine ganze Reihe solid gebauter Lagerhäuser und Magazine mit mehreren Stockwerken, während im Bassin national, welches dem Betriebe der Handelskammer überlassen wurde, nur ebenerdige Waarenschuppen zum Schutze der transitirenden Waaren gegen die Unbilden der Witterung errichtet worden sind.

Welches ist nun die jährliche Leistungsfähigkeit der beiden Gesellschaften?

Diese lässt sich für die Handelskammer noch nicht bestimmen, da sie erst seit 1881 besteht und mit der Ausrüstung der zugewiesenen Hafentheile erst begonnen hat. Ihre Thätigkeit wird übrigens eine bedeutende sein, da sie nicht nur, wie früher erwähnt, 40 hydraulische Laufkrahne erhalten wird, sondern weil die Land- und Wasseroberflächen derselben (Bassin national und bassin de la gare maritime) die der Compagnie des Docks um mehr als das Doppelte übersteigen.

Letztere Gesellschaft verfügt über eine Kailänge von 2658 *m* und über eine Landfläche von 182.100 *m*. Das Waarenquantum, welches auf dem gesammten Complex der gesellschaftlichen Anlage bewältigt werden kann, beträgt zirka 160.000 *t* pro Jahr, von denen nur 15% auf offene, der Rest auf gedeckte Lagerräume entfällt.

In Barcelona finden wir den Bau und Betrieb des neuen Hafens (in den Jahren 1870—83 erbaut) in den Händen einer Lokalgesellschaft genannt „Junta“. (Dauer der Concession 50 Jahre. Gesellschaftskapital 50 Mill. Francs) Die von der Gesellschaft erzielten Resultate sind äusserst günstig, Dank der vorzüglichen Organisation und Dank des fortschrittlichen Geistes, welcher ihre Verwaltung be-



seelte. Nicht nur ist die Leistungsfähigkeit der Bassins durch Einführung der hydraulischen Apparate auf das Maximum gesteigert worden, sondern es zeugt auch die Verfügung administrativer und geschäftlicher Natur von dem richtigen Verständniss für die Interessen des Seeverkehres. So wird die Hafengebühr nicht nach dem Tonnengehalte der Schiffe (wie in den Häfen Frankreichs, Italiens und Oesterreich-Ungarns) sondern nach dem Gewichte der gelöschten Waaren bemessen, so wird dem Transithandel der grösste Vorschub geleistet, so wird durch strenge Vorschriften die Liegedauer eines Fahrzeuges am Kai bestimmt, so ist der Remorqueurdienst geregelt etc., lauter Maassregeln, welche in dem wohlverstandenen Interesse der Schifffahrt und des Handels gelegen sind.

Der günstige Einfluss dieser Maassregeln auf die Belebung des Schiffsverkehrs liess nicht lange auf sich warten, wie aus der jährlichen Steigerung der Einnahmen zu ersehen ist, welche die Junta erzielte. Diese betrug im Jahre 1870, in welcher die Gesellschaft den Betrieb in die Hände nahm, 628.000 Frs., um im Laufe von 10 Jahren bereits auf 1,300.000 Frs., also auf mehr als die doppelte Summe zu steigen.

In Venedig befindet sich der Hafen für grosse Seefahrer in dem Canal der Giudecca. Dieser Hafen bietet wohl den Dampfern eine genügende Tiefe, hat aber für den Waarenverkehr, welcher grösstentheils transitirender Natur ist, den Uebelstand, in keiner direkten Verbindung mit der Eisenbahn zu stehen. Es war daher nothwendig, die Güter von den Transportkosten zu befreien, welche der Dienst der Lichterschiffe zwischen dem Hafen und der Bahnstation verursachte. Zu dem Zwecke erbaute auf eigene Kosten die oberitalienische Eisenbahngesellschaft ein besonderes Bassin an der östlichen Ecke der Giudecca, welches durch Geleise mit dem Bahnhofe verbunden ist. Die hier befindlichen Magazine stellte die Bahnverwaltung zur unentgeltlichen Verfügung der vier grossen Schifffahrtsgesellschaften, welche in regelmässigen Fahrten den Hafen von Venedig wöchentlich anlaufen. Ausserdem gibt es ein Getreide-, ein Petroleum- und ein Zollmagazin in Punto franco. Der Betrieb des Petroleummagazins befindet sich in den Händen des Stadtrathes, der des Getreidemagazins in den Händen der „Banca di credito veneto“ und das Zollmagazin in den Händen des Staates. Der Punto franco erweist sich übrigens als räumlich ungenügend und hat die Handelskammer die Konzession erlangt, einen neuen Punto franco mit allgemeinen Magazinen in der Nähe der See-station, d. h. der Eisenbahnstation zu errichten.

In Genua befindet sich die Frage des Hafenbetriebes noch in der Schwebe, da die Hafenausrüstung nicht vollendet ist. Bisnoch betreibt der Staat die dem Verkehr übergebenen Hafentheile. Ueberdies gibt es allgemeine und besondere Magazine theils im Bereich des Hafens, theils in dessen Nähe, theils in Sampier darena. Der Betrieb derselben befindet sich in den Händen des Stadtrathes, der Handelskammer oder von Privaten. Als schwimmende Magazine sind noch die Lichterschiffe zu nennen, in welchen Waaren ebenfalls deponirt werden, jedoch nur für die Zeit von 24 Stunden.

Doch sind alle diese Magazine weder räumlich noch der Einrichtung nach den heutigen Bedürfnissen des wachsenden Verkehrs entsprechend. Es wird daher die Errichtung grosser allgemeiner Magazine geplant, deren Betrieb die Handelskammer in die Hand nehmen wird. Ebenso beabsichtigt die Stadt die Errichtung eines Magazins für feuergefährliche Artikel, speziell für Petroleum. Dieses Magazin soll an dem Wurzel-Ende des neuen Molo in S. Benigno, jedoch gegen das Meer zu, erbaut werden.

Wir sehen, dass in Genua noch mancherlei auf den Betrieb bezügliche Fragen in der Schwebe sind. Inzwischen werden diese und andere Fragen durch eine ständige Kommission von Fall zu Fall geregelt. Diese Kommission ist aus den Vertretern der Bauleitung, des Hafenkapitanates, des Stadtrathes, der Handelskammer und der Eisenbahn zusammengesetzt. Sie versammelt sich so oft es nöthig ist auf den Vorschlag eines der interessirten Dienstzweige. Sie prüft und entscheidet nach Maassgabe der fortschreitenden Arbeiten die für die Ausrüstung der Kais und Moli zweckmässigen Maassnahmen, zieht die Klagen und Beschwerden des Publikums über Uebelstände aller Art in Erwägung u. s. w. Die Thätigkeit dieser Kommission hat sich als den allgemeinen Interessen sehr förderlich erwiesen.

Inzwischen schreiten die im Jahre 1877 begonnenen Arbeiten vorwärts und sollen im nächsten Jahre beendet werden. Diese Arbeiten sind sehr bedeutend und erheben Genua nicht nur zum ersten Handelshafen von ganz Italien, sondern auch zum ersten Rivalen von Marseille, seitdem derselbe mit Deutschland und der Schweiz durch die Alpenbahn in Verbindung gesetzt worden ist.

Man weiss, dass die zu dem Ausbau des Hafens dienenden Geldmittel sehr reichlich sind und von dem bedeutenden Vermächtnisse des Herzogs von Galliera herrühren. Aber was man in der Regel nicht weiss, ist, dass die durch den Testator bestimmten Bedingungen ein vollkommenes Programm für die Ausrüstung des Hafens umfassen. Das zwischen der italienischen Regierung und dem Herzog abgeschlossene Uebereinkommen vom 11. April 1876, behandelt in fünf Artikeln alle auf die Schifffahrt, den Handel, die Betriebseinrichtung und den Fortschritt der Arbeiten bezüglichen Vorkehrungen in einer erschöpfenden und den Anforderungen der Neuzeit entsprechenden Weise. Die von dem Herzog hinterlassene Summe beträgt 20 Mill. Lire. Hiezu gibt die Regierung noch 6 Mill. Lire. In dieser Gesamtsumme von 26 Mill. Lire sind jedoch die Ausgaben für die Betriebseinrichtungen als Strassen, Geleise, Schuppen, Krahne ebenso wenig inbegriffen, als die Kosten für den Bau von Trockendocks u. s. w. Zieht man die hiefür nöthigen Ausgaben in Betracht, so erhöht sich die ganze Bausumme für den Hafen von Genua auf 50—60 Mill. Lire.

Werfen wir einen kurzen Rückblick auf die europäischen Häfen des Mittelmeeres, so sehen wir, dass überall an der Verbesserung, Erweiterung und Ausrüstung derselben sehr eifrig gearbeitet wird, u. zw. nicht nur in baulicher, sondern auch vorzugsweise in betriebstechnischer Beziehung. Ja die Frage der Ausrüstung des Hafens bildet geradezu den Schwerpunkt in der heutigen Aufgabe des Technikers. Derselbe ist bestrebt, die Hafenanlagen zu einem Waaren-

umschlagplatz zu gestalten, welcher mit den vorzüglichsten Apparaten mechanischer Construction, in erster Linie mit hydraulischen Maschinen, ausgestattet ist.

Von den vorgeführten Häfen nehmen Marseille, Genua und Barcelona unser besonderes Interesse in Anspruch. Der erste Hafen, weil er als der älteste gewissermaassen die hohe Schule bildet für die Einrichtungen der jüngeren Häfen und in seiner Anlage die merkwürdigen Wandlungen erkennen lässt, welche die Lösung der auf Bau und Betrieb bezüglichen Fragen im Laufe der Zeiten gemacht hat. Genua ist nicht nur der erste Handelshafen von ganz Italien, sondern auch ein ernster Rivale von Marseille, seitdem derselbe mit Deutschland und der Schweiz durch die Alpenbahnen in Verbindung gesetzt worden ist. Mit Rücksicht hierauf wächst sein Güterverkehr in bedeutenden Verhältnissen und gibt zu grossartigen Bauten Veranlassung, zu welchen der Herzog von Galliera in hochherziger Weise ein Vermächtniss von 20 Mill. Lire gespendet hat. Barcelona endlich als der jüngste der modernen Häfen im Mittelmeere erregt unsere Aufmerksamkeit hauptsächlich durch die glücklichen Erfolge, welche die mit dem Bau und Betrieb der Anlage betraute Gesellschaft, genannt „Junta“, seit dem kaum 15jährigen Bestande bereits erzielt hat; ein Beweis, dass das in den Nordhäfen einheimische System des Hafenbetriebes durch eine private Unternehmung auch in dem Mittelmeere sich einzubürgern beginnt.

Ich schliesse hiemit meine Mittheilungen über die europäischen Mittelmeerhäfen und erfülle eine angenehme Pflicht der Dankbarkeit, wenn ich an dieser Stelle der geehrten Herren Collegen gedenke, welche mir bei dem Besuche der erwähnten Orte mittelbare oder unmittelbare Dienste geleistet haben. Diese Herren sind: Pascal, Inspecteur général und Laroche, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées in Paris, Barret, Direktor der Entrepôt-Gesellschaft und Schemfil, Ober-Ingenieur in Marseille, Prof. Betocchi, General-Inspektor im königlichen italienischen Bautenministerium und Commendatore Baccharini, früherer Bautenminister in Rom, Parodi, königlicher Bau-Inspektor, Giaccone, Chef-Ingenieur und Luigi, Sektions-Ingenieur des Hafenbaues in Genua, Zainy, Chef-Ingenieur des Hafenbaues in Neapel und Marquese Malaspina, königlich italienischer Bau-Inspektor in Venedig.

#### Die Häfen der Levante.

Ich komme zu den Häfen der Levante, mit welchen — wie Eingangs erwähnt — die österreichisch-ungarische Schifffahrt eine lebhafte Verbindung unterhält. Der jährliche Schiffsverkehr (Ein- und Ausfuhr) dieser Häfen, sowie der Antheil unserer Flagge an demselben erhellt aus nachstehenden Ziffern: (dieselben beziehen sich auf das Jahr 1882.)

Häfen	Tonnengehalt der Segelschiffe und Dampfer	Antheil der österr.-ungar. Flagge*)	
		Tonnen	Prozente
Pyräus . . . . .	864.000	108.400	12·5
Salonik . . . . .	663.000	125.100	19·0
Konstantinopel .	7,404.400	821.800	11·1
Smyrna . . . . .	1,959.000	360.800	18·4

\*) Diesen Antheil der einheimischen Flagge an der Schiffsbewegung in der Levante verdanken wir in erster Linie dem Oester-

Die allgemeine Charakteristik der levantinischen Hafenplätze lässt sich in Folgendem zusammenfassen. Das Vorhandensein der an eine moderne Hafenanlage gestellten Anforderungen ist — mit Ausnahme von Smyrna — in keinem der Hafenplätze zu finden. Der Besucher vermisst eine systematische Anlage der der modernen Schifffahrt förderlichen und dem heutigen Stande der Ingenieurwissenschaften entsprechenden Hilfsmittel und Einrichtungen. Die ausgeführten Arbeiten kennzeichnen nur die nothdürftige Ergänzung der durch die örtlichen Verhältnisse gebotenen Vortheile der in das Land eingeschnittenen Buchten oder der von den Winden geschützten Meerengen, so dass das Verdienst hiefür weniger der geschickten Hand des Menschen, als der glücklichen Schaffung der Natur zugeschrieben werden muss. Wie ungenügend übrigens auch diese im Interesse der Schifffahrt ausgenützt worden ist, beweist die Thatsache, dass — in Ermangelung einer directen Verbindung zwischen See und Land — noch überall Ladung und Löschung der Fahrzeuge mit Hilfe der ebenso kostspieligen als zeitraubenden Lichterschiffe bewerkstelligt werden muss. Wenn ich noch hinzufüge, dass der grösste Theil der Ankerplätze weder gegen die herrschenden Winde hinreichend geschützt, noch mit der nöthigen Anzahl Bojen versehen ist, endlich, dass Magazine und Speicher in der Nähe der Anlage gar nicht vorhanden sind, so habe ich die grosse Zahl der Uebelstände erwähnt, unter welchen der Schiffsverkehr in den genannten Häfen zu leiden hat.

Was geschieht nun, um diese zahlreichen Uebelstände zu beseitigen? In den Häfen der Türkei ist man — mit Ausnahme von dem soeben erwähnten Smyrna — über das Stadium der Projecte nicht gediehen. Dagegen herrscht reges Leben in den Häfen Griechenlands. Die Erweiterung und Vertiefung von acht Häfen ist im Zuge. In erster Linie steht der Hafen von Pyräus (siehe Fig. 1, Taf. XV), dessen Bedeutung in den letzten Jahren wesentlich zugenommen und nach den Mittheilungen des deutschen Handelsvereines in Berlin für das Jahr 1885 einen Tonnengehalt der ein- und ausgelaufenen Schiffe von 1,600.000 t aufzuweisen hat. Nicht nur ist der früher in Syra konzentriert gewesene Haupthandel nach den Pyräus verlegt worden, nicht nur hat die fortschreitende Ausdehnung des nahen Athen und die rege Entwicklung von industriellen Anlagen in Pyräus die Bedeutung des Platzes gehoben, sondern wird derselbe durch die neuen Bahnen nach Patras (eröffnet Anfangs des Jahres) und nach Larissa (bereits tracirt) zu dem Hauptstapelplätze des Reiches gemacht werden. Die Bedeutung dieses Platzes wird eine noch grössere werden, wenn durch die türkischerseits von Larissa nach Salonik herzustellende Linie Griechenland mit dem europäischen Eisenbahnnetze in ununterbrochener Schienenverbindung stehen und damit der Pyräus zum Hauptausgangspunkt des Verkehrs zwischen Europa, Indien und dem fernen Osten gemacht sein wird.

reichisch-ungarischen Lloyd, welcher sich in der Levante eine hervorragende Stellung unter den Schifffahrts-Unternehmungen verschiedener Nationalitäten durch seine unleugbaren Vorzüge errungen hat. Es ist keine Frage, dass der seit Kurzem von der Gesellschaft betretene Weg der Reformen dieselbe in der Konkurrenz mit den englischen, italienischen und französischen Unternehmungen noch glücklichere Resultate erreichen lassen wird.

Diese Perspektive ist festzuhalten, wenn an die Verbesserung des Hafens von Pyräus geschritten wird und muss vor Allem für die entsprechende Vertiefung der Rhede und für die harmonische Verbindung zwischen Bahn und See Vorsorge getroffen werden. Dieses ist aber bis heute nach beiden Richtungen nicht geschehen, trotz der 1 $\frac{1}{2}$  Mill. Francs, welche in den letzten vier Jahren für den ersten Hafen Griechenlands aufgewendet worden sind. Es ist jedoch kein Zweifel, dass die hellenische Regierung noch fernere Millionen verwenden wird, um die begonnene Verbesserung des Hafens in einer dem modernen Seeverkehr und der Bedeutung des Platzes entsprechenden Weise zu Ende zu führen.

Von noch grösserer Bedeutung als der eben genannte Hafen ist der von Salonik (siehe Fig. 2, Taf. XV), dank der Vorzüglichkeit seiner geographischen Lage. An der direktesten Dampferlinie gelegen, welche Central-Europa mit Indien und Japan durch den Suezkanal verbindet, ist sein Verkehr nach Konstantinopel heute der wichtigste in der Türkei und berufen, mit Rücksicht auf die in Aussicht stehende Verbindung der Linie Salonik-Mittrovitz mit russischen, österreichischen und deutschen Bahnen sich in bedeutender Weise zu entwickeln. Wenn die projektierte direkte Bahnverbindung mit Oesterreich-Ungarn in Ausführung gebracht sein wird, so hat Salonik alle Aussicht, ein Hafenplatz ersten Ranges zu werden.

Ausser dem regen Personen- und Waarenverkehre, welchen diese Bahn als wichtiges und direktes Verbindungsglied zwischen der Türkei und den europäischen Kulturstaaten mit sich bringen müsste, würde auch ein grosser Theil des Transithandels zwischen Ostindien und Europa diesen Weg einschlagen. Denn Salonik liegt sowohl Port Said als auch Alexandrien um mindestens 150 Seemeilen näher als Brindisi.

Die Frage, ob nach Fertigstellung der Orientbahnen die ostchinesisch-indische Ueberlandspost statt über Brindisi den Weg nach Salonik nehmen werde, ist in neuerer Zeit vielfach ventilirt worden. Diese Ansicht, welcher sich auch ein Theil der europäischen Presse anschliesst, stützt sich auf die Betrachtung der geographischen Lage Saloniks und Brindisis. Dieses wäre auch zutreffend, wenn die Häfen an beiden Orten in gleich vollkommenem Zustande sich befinden würden. Dieses ist aber nicht der Fall. Denn während in Brindisi das Umladen der Kolli und das Umsteigen der Passagiere aus dem Schiffe in die Waggonen des bereitstehenden Zuges in einer Stunde Zeit bewerkstelligt werden kann, so würde in Salonik die gleiche Operation einen Zeitraum von vier bis acht Stunden, je nach der Witterung, erheischen, da hier die Dampfer wegen mangelnder Wassertiefe nicht direkt ausladen können und ferner die Bahnhofseisenbahn nicht bis zum Hafen reichen.

Unter solchen Umständen ist daher die moderne Umgestaltung des Hafens dringend geboten. Auch an einem entsprechenden Projekte fehlt es nicht. Ein solches wurde schon im Jahre 1872 von H. Barret, dem bereits genannten Hafenbau-Director in Marseille für Rechnung der „Compagnie générale pour l'exploitation des chemins de fer de l'Europe“ ausgearbeitet, ohne jedoch bis jetzt in das Stadium der Discussion, geschweige in das der Ausführung getreten

zu sein, da unter den gegenwärtigen politischen Verhältnissen die türkische Regierung nicht geneigt ist, eine so bedeutende Ausgabe — die Herstellung des Barret'schen Hafens würde 9—10 Mill. Francs erheischen — sich aufzubürden, selbst wenn sich nicht im Staatsschatze die bekannte Ebbe vorfinden würde.

Ich komme zu Konstantinopel. (Siehe Fig. 3, Taf. XV.) Die Bedeutung dieses Hafenplatzes ist mit Rücksicht auf dessen günstige Lage an der Pforte des Schwarzen und Marmarameeres in die Augen springend. Derselbe beruht auf der Thatsache, dass der Handelsverkehr der Türkei, welcher eine nur geringe Länge von Schienenwegen hat, vorwiegend auf den Seeweg angewiesen ist. Alle Küstenfahrer längs der Gestade des ottomanischen Kaiserreiches, in dem Schwarzen, dem Marmarameere, im Archipel und der Ostseite des Mittelmeeres führen ihre Ladung nach Konstantinopel, um dort ihre Waare mittelst Lichterschiffe auf die grossen englischen, russischen, französischen, österreichischen, italienischen, egyptischen und anderen Dampfer zu bringen. Diese zahlreichen Schiffe fremder Staaten setzen alle Häfen der Welt mit Konstantinopel in Verbindung, dessen Handel sich vorzugsweise auf Waaren von Werth erstreckt.

Der Schiffsverkehr von Konstantinopel ist im Steigen begriffen und zeigt ein Wachsen des Tonnengehaltes in dem Zeitraume eines Jahrzehntes (1871—1880) von 5,483.500 t auf 7,404.400 t, somit eine Zunahme von 35%. Die Zahl der in Konstantinopel zu bergenden Fahrzeuge beträgt pro Tag 420 Schiffe, davon 60 Dampfer.

Und was bietet der sich am Goldenen Horn hinziehende Hafen einer so riesigen Schiffsbewegung? Schutz des Ankerplatzes gegen die herrschenden Winde und grosse Wassertiefe. Ausser diesen zwei durch die Natur gebotenen Vorzügen fehlen alle Bedingungen, welche heute an einen modernen Hafenplatz gestellt werden. Am empfindlichsten ist der ungenügende Schutz der Fahrzeuge gegen die Heftigkeit der im Bosphorus herrschenden Strömung, \*) welcher unter anderen Unglücksfällen der im Dezember 1881 erfolgte Verlust des schönen französischen Dampfers „Provence“ der Messageries maritimes zuzuschreiben ist. Dieser lag am 28. Dezember 1881 ruhig vor Anker, als um 1 Uhr Mittags, durch die heftigen Strömungen mitgerissen, das von Alexandrien eintreffende russische Postschiff gegen die Breitseite des Dampfers getrieben wurde und dessen Sinken binnen 20 Minuten zur Folge hatte.

Unter solchen Umständen ist das Bedürfniss nach Abhilfe ein dringendes. Diesem soll durch ein in grossartigem Maassstabe angelegtes Projekt\*\*), vom Ingenieur und

\*) Diese Strömungen, welche bisweilen eine Geschwindigkeit von 5 Knoten in der Stunde (257 pro Sekunde) erreichen, kommen von der Mitte der Meerenge und brechen sich mit Gewalt an der Nordspitze des alten Serails nach zwei Richtungen. Die eine nimmt den Weg nach Süden, und die andere folgt dem Ufer von Stambul, um später gegen Galata sich zu wenden und eine Gegenströmung zu bilden, welche längs des europäischen Gestades bis zur Moschee Medjidie fortläuft (siehe Fig. 3, Taf. XV, in welcher die Richtungen der Strömungen durch Pfeile angedeutet sind).

\*\*) Ein älteres Projekt von Herrn Gavand, datirt vom Jahre 1875 und bezweckt die gleichzeitige Anlage eines neuen Handelshafens

Würdenträger des ottomanischen Reiches Herrn Michel Pascha abgeholfen werden. Dasselbe besteht in der Anlage von Kaimauern längs der beiden Ufer des Goldenen Horns (siehe Figur) und verdient umso grössere Beachtung, als dessen Verfasser sich schon im Besitze eines kaiserlichen Fermans für den Bau und Betrieb der Hafenanlage (vom 23. November 1879) befindet. Der gedachte Ferman enthält jedoch die wichtige Bestimmung, — es wirft das auch ein eigenthümliches Streiflicht auf die Ohnmacht der türkischen Regierung — dass die fremden Staaten zu der Entrichtung der mit dem Betriebe verbundenen Waarenzölle ihre Zustimmung ertheilen. Unter solchen Umständen wird der definitive Beschluss der Ausführung noch eine geraume Zeit in Anspruch nehmen, da die eingeleiteten Verhandlungen zwischen der türkischen Regierung, dem Projektanten und den Vertretern der fremden Staaten eine ganze Reihe noch unbestimmter und heikler Fragen zu lösen haben werden.

Der französische Bau-Unternehmer G. Dussaud macht grosse Anstrengungen, um die Arbeit auszuführen und hat auch bereits eine Offerte eingereicht, die vorläufig auf eine Gesamtlänge von 1820 m reduzierten Kaimauern um den Pauschalbetrag von zirka 18 Mill. Francs herzustellen. Diese Offerte ist bereits im Juli 1881 erfolgt. Was ist seither geschehen? Gar nichts. Nun lesen wir in den Tagesblättern jüngsten Datums, dass in der Nähe der Zollhäuser von Galata und Stambul grosse Wartesäle — wie solche auf europäischen Bahnhöfen üblich sind — errichtet werden sollen, um hier, geschützt vor den Unbilden der Witterung, die bisnoch im Freien vorgenommene Zoll- und Gepäcksrevision durch sprachkundige Beamte vornehmen zu lassen. Wenn diese kleine Verbesserung der Situation — welche schon seit lange zu lebhaften Beschwerden Veranlassung gegeben hat — sechs Jahre Zeit erfordert hat, wie lange Zeit wird es erst brauchen, um den ersten Stein in's Meer zu senken, zum Beginne der projektirten Hafenbauten? Da heisst es wohl, sich in Geduld fassen.

Ich erwähne zum Schlusse Smyrna, des einzigen nach europäischem Muster eingerichteten Hafens der Türkei. (Siehe Fig. 4, 5, 6, Taf. XV.) Hier finden wir das System der nordeuropäischen Häfen vertreten und Bau und Betrieb in den Händen der französischen Unternehmung „Société des quais de Smyrne“, welcher das ausschliessliche Privilegium des 30jährigen Betriebes der neuen Hafenanlage zusteht. Wenn die Ausführung der letzteren auch nicht tadellos genannt werden kann, so bietet dieselbe doch die zwei wesentlichen Vortheile eines gesicherten Ankerplatzes und des directen Anlegens der Fahrzeuge an die Kaimauern der Bassins. Diese Vortheile sind umso schätzenswerther, als der Hafen von Smyrna, welcher nach Konstantinopel die zweitwichtigste Station auf der grossen Verkehrsstrasse nach dem Orient bildet, von Jahr zu Jahr eine grössere Bedeutung für die Schifffahrt gewinnt. Namentlich sind es die fremden Dampfschiffahrts-Gesellschaften, welche dem Platze eine stets wachsende Berücksichtigung schenken. Forschen wir

und einer neuen Stadt an der zwischen den sieben Thürmen und der Serailspitze gelegenen Südseite von Stambul (Marmarameer). Das auf mindestens 300 Mill. Francs veranschlagte Projekt wurde seiner Grossartigkeit halber aufgegeben.

nach den Ursachen, so finden wir dieselben nicht nur in der steigenden Bevölkerung des Ortes und den zwei nach dem Inneren Kleinasien führenden Bahnen (nach Aidin und Cassaba), sondern auch in den Vortheilen, welche der Schifffahrt durch die neue Hafenanlage geboten werden.

Das Zusammenwirken dieser Momente spricht sich in der steigenden Tonnenzahl des Schiffsverkehrs aus, welcher heute die Ziffer von nahezu 2,000.000 t (Ein- und Ausfuhr) erreicht und in dem Zeitraume eines Jahrzehntes eine Zunahme von über 60% gezeigt hat.

Mit Rücksicht auf diese günstigen Resultate, welche zum grossen Theile den Vortheilen der modernen Hafenanlage zugeschrieben werden können, ist es zu wünschen, dass auch in anderen Hafenplätzen Bau und Betrieb fremden Gesellschaften übergeben werde, damit deren Kapital — da das inländische nicht vorhanden ist — die in primitivem Zustande befindlichen Häfen im Sinne der modernen Anforderungen reformiren könne. Dieses gilt vorzüglich für die Hafenplätze von Salonik und Konstantinopel, deren Bedeutung im Vorhergehenden beleuchtet worden ist.

Am Schlusse meiner Mittheilung über die levantinischen Häfen angelangt, beehre ich mich auch hier die Persönlichkeiten dankend zu erwähnen, welche mir bei dem Besuche der Häfen mittelbar oder unmittelbar behilflich waren. Es sind dies die Herren: Bürgermeister Muzzopulo und Lloydagent Mosettig in Pyräus, k. k. General-Konsul v. Montlong, Bau-Inspector Mayer, Bau-Ingenieur Hochgrassel in Salonik, k. k. General-Konsul v. Oesterreicher, Drigalski-Pascha, Lloydagent Forni, Fayk-Pascha, Hassan Femi, Bautenminister, Neef, Kaufmann in Konstantinopel, k. k. Vice-Konsul Pietschka, Gebrüder Dussand und Lloydagent Marinitsch in Smyrna.

Ich komme zum dritten Theile meiner Mittheilung, d. h. zu den einheimischen Häfen, welche ich — wie Eingangs erwähnt — ausführlicher behandeln werde, und zwar sowohl in Bezug auf die bauliche Anlage als auch die Betriebseinrichtung der Plätze.

#### Die Häfen von Triest und Fiume.

Die bauliche Anlage. Die Unvollkommenheit der Hafenanlagen in Triest und im Quarnero liessen schon vor mehr als zwei Jahrzehnten die Nothwendigkeit erkennen, dieselben einer modernen Reform zu unterziehen, um dem erwarteten Steigen des Seeverkehrs die genügenden Mittel zu dessen Bewältigung zu bieten. Die von den beiderseitigen Regierungen mit Hilfe der französischen Ingenieure H. Talabot († 1885) und Pascal festgestellten Bau-Entwürfe für Anordnung und Ausführung der Anlagen waren nach mehrjährigen Verhandlungen endlich so weit gediehen, dass die Bauten in Triest 1868 und fünf Jahre später in Fiume begonnen werden konnten.

Für beide wurde eine im Principe gleiche Anlage mit dem beiläufigen Kostenaufwande von 13½ Millionen Gulden in Aussicht genommen. Die Anordnung im Grundrisse, sowie das Bausystem sind dem Marseiller Vorbilde nachgeahmt. Die erste charakterisirt sich durch eine zusammenhängende Reihe grosser nach Aussen geschlossener Bassins, deren Zahl bei eventueller Zunahme der Schifffahrtbewegung



beliebig vermehrt werden kann. Und das Bausystem besteht in der Herstellung einer auf Steinwürfen fundirten Mauer von künstlichen Blöcken, auf welche das über Wasser reichende Kaimauerwerk gesetzt wird.

In der Mittheilung, welche ich die Ehre hatte, im Jahre 1879 über den Hafen von Triest zu machen, habe ich ausführlich über Bausystem, Anordnung der Bassins, sowie über die Modifikationen des ursprünglichen Hafenprojektes gesprochen. Ich komme daher nicht weiter darauf zurück und bemerke blos, dass der Ende 1883 vollendete neue Hafen über eine Kaientwicklung von 3000 *m* verfügt, deren Anlegeplatz 22 grosse Dampfer oder 34 Segler gleichzeitig aufzunehmen im Stande ist.

In Fiume ging die ungarische Regierung in gleich vorsorglicher Weise, wie es die österreichische in Triest gethan hat, bei der Umgestaltung des Hafens von Quarnero vor. Diese war jedoch aus dem Grunde schwieriger, weil der Anlage neuer Bassins die Verbesserung des alten Hafens vorhergehen musste. Das ursprüngliche von den Regierungsorganen entworfene Projekt wurde mit den von Pascal im Jahre 1868 beantragten Modifikationen versehen und gipfelte in der Anlage von drei grossen Bassins, deren Schutz nach aussen durch die entsprechende Verlängerung des vorhandenen mit dem Lande verbundenen Hafendamms erfolgte. Auch dieser Entwurf erlitt noch manche Aenderungen und führte schliesslich zur gegenwärtigen Anlage, welche zwei Bassins besitzt und der Schifffahrt Anlegeplätze in der Länge von 1500 *m* bietet, was einem Raum für 12 grosse Dampfer oder 19 Segelschiffe entspricht.

Nach dem Gesagten verfügt somit gegenwärtig Triest über eine Kailänge von 3000 *m* und Fiume über eine solche von 1500 *m*. Diese Ausmaasse genügen jedoch nicht für den heutigen Schiffsverkehr, welcher im österreichischen Centralhafen mit 2,532.000 *t*, und im ungarischen mit 1,500.000 *t* beziffert werden kann. Mit Rücksicht auf diesen Umstand ist daher eine Vermehrung der Anlegeplätze als nothwendig erkannt worden. Bevor ich jedoch auf diese Vergrösserungspläne übergehe, sei es mir gestattet, zwei in technischer und maritimer Beziehung gleich wichtige Fragen zu beantworten, nämlich:

1. wie sich das für die Kaimauern gewählte Bausystem und

2. wie sich die Disposition der Anlage im Grundrisse während der bereits mehrjährigen Erfahrungen bewährt habe.

Das Bausystem hat den gehegten Erwartungen vollkommen entsprochen, und zwar unter den denkbar ungünstigsten Verhältnissen sowohl im Quarnero als auch in Triest. In ersterem sind es die aussergewöhnlichen Wassertiefen (bis zu 45 *m*), welche grosse Setzungen des Steinwurfes, und in dem letzteren ist es die mächtige Schlammsschichte des Meeresgrundes (über 20 *m*), welche ausserordentliche Bewegungen in Richtung und Profil der Blockmauern hervorriefen, so dass die Rekonstruktion derselben unerlässlich wurde. Diese in Fiume in bescheidenem Maasse auftretende Erscheinung hat in Triest ganz ausserordentliche Verhältnisse angenommen und die zweimalige Herstellung fast sämtlicher Kaimauern nothwendig gemacht.

Dieses wäre aber bei einem anderen Systeme als dem angewendeten überhaupt nicht oder nur mit einem bedeutend grösseren Aufwande von Zeit und Geld möglich gewesen. Es ist daher vollkommen gerechtfertigt, wenn das Blockmauer-System auch für die künftigen Bauten beibehalten wird.

Nur nach einer Richtung wäre — und zwar in wirtschaftlicher Beziehung eine Aenderung dringend zu wünschen. Diese betrifft die Wahl des zur Mauerung verwendeten Kalkes. Dieser wurde für Triest aus Frankreich und für Fiume von der Insel Santorino im griechischen Archipel bezogen und wanderten in Folge dessen ganz bedeutende Summen in's Ausland.

Im Interesse der inländischen Industrie wäre es daher wünschenswerth, für künftige Bauten die in Oesterreich erzeugten Kalke umsomehr zu verwenden, als deren Gleichwerthigkeit mit den ausländischen Fabrikaten durch vertrauenswerthe Versuche nachgewiesen worden ist.

Diese Versuche sind von der im verflossenen Jahre aufgelösten Hafenbauleitung in Triest gemacht worden und haben zur Evidenz bewiesen, dass die Zementfabrikate des Inlandes den französischen Kalk sowohl in Bezug auf Güte wie auch auf Preis, überbieten.

Der diesbezügliche an den österreichischen Ingenieur- und Architekten-Verein von der Hafenbauleitung erstattete Bericht ist in der Zeitschrift vom Jahre 1884 veröffentlicht worden.

Ich würde mich der Lückenhaftlichkeit schuldig machen, würde ich bei der Frage des Bausystems nicht auch der zu den Bassins gehörigen Vertauungsmittel zu Land und zu Wasser gedenken. Ich fühle mich dazu umsomehr verpflichtet, als ich bei der Parallele zwischen Triest und Fiume letzterem in dieser Beziehung den Vorzug einräumen muss. Im Quarnero bedient man sich nämlich zur Vertauung am Lande des neuen aus England importirten Systems der elastischen Anbindringe und für die Vertauung im Wasser der allgemein üblichen Bojen, während in Triest die steifen im Mauerwerk steckenden Ringe und Säulen und statt der beweglichen Bojen fixe Anbindefesten aus Eisen zur Verwendung kommen. Die Ersteren erheischen bei Beschädigungen, die ziemlich häufig vorkommen, resp. bei der Auswechslung der Ringe und Säulen die Demolirung des ganzen sie umgebenden Mauerwerks und stören damit den Betrieb, während die Ringe in Fiume ohne jede Störung die Auswechslung gestatten.

Und was die Anbindefeste betrifft, so sind sie nicht nur bedeutend theurer als die Bojen, sondern bilden auch ein permanentes Hinderniss für die Schifffahrt. Letztere Thatsache wurde leider bereits ad oculus demonstrirt, indem eine solche Schiffsfeste im ersten Bassin durch das unvorsichtige Anfahren eines Dampfers total abgebrochen wurde, obgleich dieselbe erst vor wenigen Jahren eingesetzt worden war und nach den gemachten Erfahrungen noch einige Dezennien hätte in Gebrauch stehen können. Der Schaden betrug fl. 17.000.

Es würde sich daher aus ökonomischen und praktischen Gründen sehr empfehlen, bei künftigen Bauten, dem nicht nur in Fiume sondern auch anderwärts erprobten Systeme

der elastischen Anbindringe und der schwimmenden Bojen Eingang zu verschaffen. Letzteres ist umso leichter, als die fraglichen Bojen in namhafter Anzahl in der Rhede von Triest angebracht sind und sich gut bewährt haben.

Ich komme zur zweiten Frage, welche dahin lautet: Wie hat sich die Disposition der maritimen Anlage im Grundrisse bewährt? Die für Triest gehegte Befürchtung, dass die Lage des neuen Hafens dem herrschenden ONO-Winde (Bora genannt) zu sehr ausgesetzt und den Schiffsbewegungen hinderlich, ja gefährlich sein werde, ist durch die Erfahrung widerlegt und auf die Thatsache zurückgeführt worden, dass bei Borastürmen das Auslaufen der Schiffe an den Moli I und II verzögert wurde; ein Fall, der übrigens sehr selten und beispielsweise bei den Dampfern der Peninsular-Company in vier Jahren bloß fünfmal vorgekommen ist. Von ernstesten Unglücksfällen ist bloß das Scheitern des österreichisch-ungarischen Barkschiffes „Artiere“ zu verzeichnen, welches in der Nacht vom 28. auf den 29. September im Jahre 1885 einem heftigen Südweststurm zum Opfer fiel und von demselben auf das Schutzprisma des Hafendamms getrieben wurde. Jedoch resultirte aus den amtlichen Erhebungen, dass der Unfall nur durch die Fahrlässigkeit der Schiffsmannschaft hervorgerufen wurde, welche aus heute noch nicht aufgeklärten Gründen den eigenen Anker geworfen hatte, statt sich an die Bojen der Rhede zu vertauen. Die übrigen an den Bojen vertauten Fahrzeuge haben durch den für das Barkschiff so verderblich gewordenen Sturm nicht gelitten. Die bei Bora vorkommenden Havarien der Schiffe beschränken sich auf das Reißen der Vertauungskette, Beschädigung der Schanzverkleidung u. dergl. mehr; — Havarien, die eben in allen Häfen der Welt vorkommen.

Anders verhält sich jedoch die Sache in Fiume. Hier hatte die im Oktober 1882 erfolgte Katastrophe, in Folge der bei heftigem SO.-Sturm vier Quersegelschiffe von zusammen 1802 t knapp vor der Einfahrt in den Hafen gescheitert und auf den Strand geworfen worden sind, berechnete Zweifel an der Zweckmässigkeit der maritimen Anlagen hervorgerufen. Diese Zweifel fanden ihren lebhaften Ausdruck in der vor drei Jahren Seitens des ungarischen Kommunikations-Ministeriums nach Fiume berufenen Hafen-Enquête. Dieselbe erhielt als Direktive ein genaues Programm, welches die für die geplante Vergrößerung des Hafens maassgebenden Momente in erschöpfender Weise behandelte. Die im Jahre 1886 gemachten Vorschläge der internationalen Kommission, welcher ich ebenfalls die Ehre hatte anzugehören, betreffen die Schaffung eines Vorhafens mit erweiterter Einfahrt in den eigentlichen Hafen, die Anlage eines grossen Holzlagerplatzes, die Erweiterung des Petroleumbassins, die Herausrückung der künftigen Riva zur Vermehrung des Lagerraumes, die Anlage eines aus drei kleinen Bassins (mit je 140 m Länge) bestehenden Entrepôts-Hafens, die Einführung hydraulischer Hebevorrichtungen, die Herstellung eines Kanals zur Verbindung der westlichen mit der östlichen Hafenanlage, den Bau eines Trockendocks, endlich die Errichtung eines Leuchthurmes (Gesamtausgaben von 20—22 Mill. Gulden. (s. Taf. XVI, Fig. 3.) Die Frage, womit eine so bedeutende

Ausgabe zu rechtfertigen sei, wird mit dem Hinweis auf die ausserordentliche Vermehrung des Seeverkehres beantwortet, welcher in den zwei letzten Jahrzehnten (1865 bis 1885) in Fiume von 253.000 t auf 1,445.000 gestiegen ist, somit mehr als das Vierfache seiner ursprünglichen Höhe erreicht hat.

Dass es der ungarischen Regierung mit der succesiven Durchführung der geplanten Vergrößerung vollkommen Ernst ist, beweist die schon vollzogene Errichtung des Leuchthurmes, welcher seit November 1884 die Küste des Fiumaner Golfes beleuchtet, so wie der Ausbau der Magazine zwischen dem Zichy- und Rudolfmolo, endlich die Installirung der hydraulischen Elevatoren in denselben. So werden auch die übrigen Elemente der programmässigen Erweiterung nach Maassgabe der Bedürfnisse zur Ausführung gelangen, bis das grosse Zukunftsbild in seiner ganzen Vollendung zur Wahrheit werden wird. Dann wird der neue Hafen über eine Kai-Entwicklung verfügen, welche, ohne den Hafen der Fiumara und den Damm zu rechnen, die Länge von zirka 3000 m besitzen und mithin einen Raum für 22 grosse Dampfer oder 34 Segler zu bieten im Stande sein wird.

Ich komme zum Erweiterungsprojekte des Hafens von Triest. (Siehe Fig. 2 u. 3, Taf. XVI.) Dasselbe rührt bekanntlich von der Kommission zur Berathung der definitiven Ausstattung des neuen Hafens her, welche im Auftrage des hohen Handelsministerium im Spätherbste des Jahres 1885 in Triest getagt hat. Als Mitglied dieser Kommission habe ich die Ehre gehabt, über die Postulate derselben in der Wochenschrift unseres Vereines (Nr. 51 vom Jahre 1885) ausführlich zu berichten und kann mich daher auf eine kurze Wiederholung derselben beschränken. Diese Postulate betreffen folgende Hauptpunkte:

1. Die Vermehrung der Land- und Wasserflächen des gegenwärtigen neuen Hafens nach Süden und Norden; nach der ersten Richtung durch den Ausbau des im Jahre 1874 aufgelassenen dritten Bassins zwischen den Molen Klutsch und del Sale und nach Norden durch Herstellung einer Anschüttung oberhalb des Petroleumbassins, behufs Anlage eines Rangirbahnhofes. Die so vergrösserte Hafenfläche wird einen Waarenbelegraum von über 200.000 m<sup>2</sup> und eine Kailänge bieten, welche das gleichzeitige Operiren von 28 grossen Dampfern oder 53 Segelschiffen gestattet.
2. Die Anlage einer Kohlenstation auf dem Ausmaasse des Petroleumbassins im Ausmaasse von zirka 20.000 m<sup>2</sup>.
3. Die Anlage eines Holzhafens in der Sacchetta nächst des Leuchthurmes mit einem Flächenraum von 200.000 m<sup>2</sup>.
4. Die Auflassung des jetzigen Petroleumbassins und die Erbauung eines neuen mit 2 Molen und 1 Riva in der Bucht von Muggia in Sa. Sabba.
5. Die Errichtung von Hangars längs der Kai- und Molenmauern und von Lagerhäusern auf den alten und neuen Anschüttungsgründen.

Die genannten Postulate haben eine rasche Erledigung erfahren und ist der betreffende Gesetzentwurf über die Erweiterung der Hafenanlage in Triest auf Staatskosten bereits in dem Abgeordnetenhaus eingebracht worden. Der Wortlaut dieses Gesetzes sammt Motivenbericht ist durch

die Tagesblätter zur Kenntniss des Publikums gebracht worden. Aus Letzteren ist ersichtlich, dass von den obgenannten Postulaten 1 und 2 vollinhaltlich von der Regierung gewährt werden. Was jedoch den Holzhafen in der Sacchetta und das Petroleumbassin in Sa. Sabba betrifft, so sind beide Anlagen im Verhältnisse der thatsächlichen Bedürfnisse reduziert worden. An Stelle des Holzhafens tritt ein Holzlagerplatz, weil die Zahl der ausschliesslich Holz ladenden Schiffe heute noch gering ist und daher die Nothwendigkeit eines Holzhafens gegenwärtig nicht vorliegt. Und das Petroleumbassin ist mit Rücksicht auf die radikale Aenderung in der Transportweise des Beleuchtungsartikels auf die Herstellung des Molo und eines Platzes für die Aufstellung von Reservoirs beschränkt worden. (s. Taf. XVI, Fig. 2 und 3.)

Dieses Vorgehen der Regierung, welches übrigens den Vorbehalt einer späteren Vervollständigung in sich schliesst, ist vollkommen zu billigen und findet seine Rechtfertigung in der bisherigen Erfahrung bezüglich der Zunahme des Hafenverkehrs von Triest.

So wurde die ursprüngliche, nach den Beschlüssen der Triester Kommission vom Jahre 1862 geplante Anlage, durch welche die ganze Rhede in einen geschlossenen Hafen verwandelt werden sollte, auf die nordöstliche Hälfte der Rhede, d. i. auf die Strecke zwischen dem früheren Lazarethbassin und dem Molo Klutsch beschränkt, wo sich heute der neue Hafen thatsächlich befindet. Die drei grossen Bassins dieses Hafens, würden für eine noch geraume Zeit dem Schiffsverkehre in Triest genügen, wenn dessen Erweiterung nicht durch die Ende 1889 geplante Aufhebung des Freihafens nothwendig geworden wäre.

Die Richtigkeit dieser Behauptung wird durch die Thatsache erhärtet, dass der Schiffsverkehr in den letzten zwei Jahrzehnten sich nur mässig gehoben hatte, und zwar

in dem ersten (1865—1875) um 42 %

in dem zweiten (1875—1885) um 25 %

im gedachten Jahre betrug Import und Export 1,445.000 Frcs.

Es ist jedoch zu befürchten, dass diese absteigende Richtung des Verkehrs in dem nächsten Jahrzehnte sich fortsetzen wird und zwar in Folge der mannigfachen, den Triester Platz schädigenden Umstände, als da sind: die wachsende Konkurrenz von Fiume und Genua, die allgemein herrschende Ungunst der Handels- und Geschäftskonjunktur, die Unsicherheit der politischen Verhältnisse, endlich die bösen Konsequenzen des unheimlichen Gastes, der Cholera, der voriges Jahr in so empfindlicher Weise an die Pforten unserer Emporien an der Adria gepocht hat.

In Berücksichtigung dieser Umstände habe ich bereits in der im Jahre 1885 veröffentlichten Broschüre „Der Hafen von Triest“ meine Ansicht dahin ausgesprochen, dass dieselbe in seiner heutigen Ausdehnung noch für eine geraume Zeit ausreichen werde, und betont, dass derselbe jedoch in betriebstechnischer Beziehung einer Reform im modernen Sinne unterzogen werden müsse.

Es konnte mich daher nur mit grosser Befriedigung erfüllen, dass die gleiche Ansicht auch von dem in Hafenfragen so kompetenten Direktor der Compagnie des Entrepôts in Marseille, dem früher genannten Herrn Barret

vollkommen getheilt wurde. Beweis dafür das von ihm im Auftrage des k. k. Handelsministeriums im Jahre 1886 ausgearbeitete Projekt für die Ausrüstung des neuen Hafens, welche auf die gegenwärtigen Flächen sich beschränkt, ohne ein viertes Hafenbecken und eine Anschüttung für einen Rangirbahnhof zu proponiren. Der Schwerpunkt dieses Entwurfes liegt in einer sehr weissen Ausnützung der Lager- und Hangarräume sowie in der erhöhten Leistungsfähigkeit der Anlageplätze durch Einführung der hydraulischen Krahne. Wir sehen demnach, dass die hohe Regierung einen wesentlichen Schritt weiter gemacht und durch die geplante Ausführung der drei Anlagen, nämlich des Rangirbahnhofes, des Holzlagerplatzes und des Petroleumbassins, sowohl dem Wachsen des Schiffsverkehrs als auch dem durch die Aufhebung des Freihafens erwachten Bedürfnisse vollkommen Rechnung getragen hat.

Die für die beabsichtigte Erweiterung entfallenden Kosten sind nicht unbedeutend und betragen fl. 4,880.000. Rechnet man hiezu noch die für den Bau des neuen Hafens bereits verausgabte Summe mit „ 15,150.000 hinzu, so ergibt sich eine Totalsumme von fl. 20,030.000.

So viel beträgt die Ausgabe für Hafenbauten und solche Anlagen, welche nach ihrer Natur und nach den bestehenden Grundsätzen zunächst dem Staate zur Last fallen.

Der Staat jedoch baut nur, er betreibt nicht. Der Betrieb des Hafens bleibt der Privatunternehmung überlassen. Diese wird die Erbauung von Waarenschuppen und Lagerhäusern, sowie die Errichtung von mehrfältigen Lade- und Betriebsvorrichtungen besorgen. Nach den Meldungen der Tagesblätter haben sich der Stadtrath und die Handelskammer von Triest bereit erklärt, unter den noch mit der Regierung zu vereinbarenden Bedingungen diese Investitionen zu übernehmen, welche mit der Summe von fernerem fl. 6,567.000 veranschlagt sind.

Wir sehen demnach in Triest das zweite der früher besprochenen Systeme in Anwendung gebracht. Der Staat besorgt die Hafenanlage und Erweiterung der Uferflächen und eine private Gesellschaft übernimmt die Herstellung der Magazins-Anlagen sammt den Betriebsvorrichtungen. Dieses System ist in der Natur der Sache begründet. Die Hafenanlagen können nur in sehr geringem Maasse als eine Quelle von Einnahmen benützt werden und geht es daher nicht an, dem Handel von Triest allein die Tragung der damit verbundenen Kosten aufzubürden. Hingegen wird derselbe die Baukosten der Magazinsanlagen etc. auf dem Wege der nutzbringenden Verwendung der Lagerhäuser und Hangars, durch die Erträge der Miethzinse und Benützungsgebühr zu beschaffen, zu verzinsen und zu amortisiren haben.

An der den Betrieb übernehmenden Gesellschaft wird es sein, Anlage und Einrichtung der auf denselben bezug habenden Elemente derart zu wählen, um ihre Rechnung dabei zu finden, u. zw. ohne den Handel übermässig zu belasten. Die dazu passenden Systeme liegen nach dem früher Gesagten in reicher Auswahl vor und die bis noch nach der gedachten Richtung in Triest gemachten Erfahrungen werden das Richtige treffen lassen, um die zweckmässigen Modifikationen der bis noch in Uebung gewesenen Systeme einzuführen.

Ich schliesse hiermit die über Triest und Fiume gemachten Mittheilungen und verweise zur genaueren Orientirung auf die hier ausgestellten Zeichnungen und Pläne, namentlich des sehr schönen und complete Albums des Fiumaner Hafens, welches ich der Freundlichkeit meines geehrten Collegen Herrn v. Hajnal, Direktor der dortigen Bauten, verdanke.)\*

Die Triest betreffenden Zeichnungen sind Ihnen, geehrte Herren, aus meinem früheren Vortrage bekannt, mit Ausnahme der im Petroleumbassin etablirten Reservoirs für die Aufbewahrung von Petroleum. Diese Reservoirs haben einen Gesamtfassungsraum von 6300 t und dienen dem Zwecke, den gedachten Artikel „alla rinfusa“ in Schiffen und Waggonen zu transportiren. Sie wurden im Laufe des verflossenen Jahres von drei Gesellschaften errichtet, nämlich: Offenheim, Singer & Co., Gebrüder Nobel und Lindheim & Co.

Der letztgenannten Firma verdanke ich die freundliche Ueberlassung der Zeichnungen und Photographien.

\*) Dieses aus 60 Tafeln Grossformat bestehende Album enthält alle Daten, welche sich auf die hydrographischen, meteorologischen, maritimen, konstruktiven und betriebstechnischen Verhältnisse des Hafens von Fiume beziehen, und ist somit eine für den Ingenieur hochinteressante Sammlung aller den Bau und Betrieb des gedachten Hafenplatzes umfassenden Elemente.

Dieselben zeigen die Installirung der Anlage und die interessante Konstruktion des Transportdampfers „Zisternen-dampfer Swiet“ (Ladung 1770 t Petroleum).

Die Anlage besteht aus 2 grossen Reservoirs von je 10.000 q Fassung, 1 kleinem Reservoir von 200 q Fassung, 1 Schuppen zur Fass-Abfüllung, 1 Dampfkesselanlage und den nöthigen Rohrleitungen. Die grossen Reservoirs dienen zur Aufbewahrung des Petroleums, das kleine Reservoir zum Füllen der Zisternenwaggonen, eventuell der Fässer durch eigenen Druck. Der Hangar enthält das Abfüllrohr für Fässer, eine Dampfmaschine für Petroleum und eine Zentimalwaage mit Selbstregistrir-Apparat zum Abwägen der Zisternenwaggonen und eine Dezimalwaage für die Fässer u. s. w.

Der Vorgang ist nun folgender:

Sobald das Schiff angelegt hat, werden die Leitungen am Land für Petroleum und Dampf mit den korrespondirenden am Schiff in Verbindung gebracht. Der im Dampfkessel des Kesselhauses erzeugte Dampf wird zu den am Bord befindlichen Druckpumpen geleitet, welche das Petroleum in die Reservoirs hinaufdrücken. Aus diesen gelangt es dann später durch das kleine Reservoir in die Zisternenwaggonen oder wird von der Leitung vom Hangar aus in Fässer gefüllt.

## Ueber Kondensatoren und Kühlapparate mittelst bewegter Luft.

Vortrag, gehalten in der Fachversammlung der Maschinen-Ingenieure am 26. Jänner und 9. Februar 1887, von Ingenieur Josef Popper.

Mein heutiger Vortrag wird einen Gegenstand behandeln, der in der eigentlichen Maschinentechnik bisher noch eine ziemlich untergeordnete Rolle spielt, denn es sind nur ganz spezielle Fälle, in denen von Kühlung oder Dampfkondensation mittelst bewegter Luft Gebrauch gemacht wird. Ein solcher Fall ist die Benützung von Luftkühlung für den Auspuffdampf bei Strassenbahn-Lokomotiven, und das dürfte der wichtigste Fall sein; seltener wird von Luftkühlung bei Abkühlung des Kühlwassers von Gasmotoren Gebrauch gemacht, um grosse Wasserbottiche entbehrlich zu machen, wobei aber die Luft nicht durch mechanische Hilfsmittel bewegt, sondern ihrer eigenen Bewegungstendenz vermöge ihrer Erwärmung überlassen wird. Die Verwendung von Dampfkondensation durch Luftströmung bei stabilen Dampfmaschinen ist selbst bei den Kleinmotoren nur selten versucht und, wie ich glaube, nie mit günstigem Effekt durchgeführt worden. Eine vielseitigere Anwendung findet die Luftkühlung in den landwirthschaftlichen Industrien, Brennerien, Brauereien, Zuckerfabrikation, für Milchkühl-Apparate u. s. w., hingegen wurde über die Möglichkeit und Wirksamkeit solcher Kondensations-Apparate ziemlich häufig in einem Gebiete debattirt, welches heute noch weit abseits der gangbaren Maschinentechnik liegt, nämlich im Gebiete der Luftschiffahrt. Indem ich die Absicht habe, mich heute lediglich mit der wirklich praktischen Seite des Gegenstandes zu befassen, und die Konsequenzen, die sich aus Theorie und Erfahrung für die Aeronautik ergeben, obwohl sie von fundamentaler Wichtigkeit für diese sind, vollständig beiseite zu lassen, will ich den Gegenstand in der Weise be-

handeln, dass ich zuerst über das berichte, was mir im Laufe der Jahre, namentlich in der älteren Literatur, Bemerkenswerthes und Lehrreiches, aber noch nicht Bekanntes über Dampfkondensation im Allgemeinen und speziell über Kondensation durch Luftströmungen zu Gesichte gekommen ist; es finden sich hier manche Gesichtspunkte, Versuche oder Vorschläge, die nicht nur an und für sich interessant, sondern auch nützlich sein können, theils um eine genauere Einsicht in die hier obwaltenden Umstände und dadurch für eigene Untersuchungen theoretische Klarheit zu gewinnen, theils zu dem Behufe, zu wissen, was schon gesagt oder gemacht wurde, um es dann nicht noch einmal zu sagen oder zu machen, entweder weil es dann zwar richtig, aber nicht mehr neu wäre, oder weil es unrichtig und werthlos ist.

Die Experimente, die ich selbst seit einer Reihe von Jahren mit Luftkondensation gemacht habe, werde ich sowohl in ihrem positiven als in ihrem negativen Ergebnisse in kurzer Uebersicht mittheilen. Die Versuche, die nicht zufriedenstellend ausfielen, werde ich nur deswegen erwähnen, weil ihre Anführung Jenen vielleicht viel Mühe und Kosten ersparen kann, die von selbst Aehnliches oder Gleiches versuchen wollten. Aber ich muss bezüglich meiner eigenen Experimente hier eine persönliche Bemerkung machen, die darin besteht, dass ich durch ein Missverständniss schon heute zum Vortrage bestimmt wurde, während ich beabsichtigt hatte, damit bis zur Vollendung meiner Versuche im grösseren Maassstabe zu warten, was allerdings erst im Laufe der nächsten Zeit möglich ist.



Dennoch glaube ich, dass die Uebersicht in literarisch-geschichtlicher Beziehung, die kritischen Bemerkungen und die Mittheilung meiner eigenen bisher durchgeführten Versuche und die dabei gewonnenen Erfahrungen die geehrten Herren Zuhörer befriedigen, vielleicht auch zu einer Diskussion anregen dürften.

Wir beginnen mit einem Aufsätze von C. William Siemens in „The Mechanic's Magazine“ (50. Band, Jahrgang 1849). Siemens will an Stelle der Einspritzkondensatoren Oberflächenkondensatoren anwenden und bei der Konstruktion der letzteren gewisse rationelle Grundsätze befolgen; er sagt hiebei Folgendes:

„Die Wirkung eines Oberflächenkondensators hängt von drei Vorgängen ab: 1. Der Dampf kommt in Kontakt mit der Kühlfläche, die seine latente Wärme absorbiert; 2. die Wärme geht durch die Kühlfläche hindurch; und 3. sie wird aufgenommen von einem Strom von Wasser oder von Luft.

Diese drei Stadien der Fortpflanzung der Wärme geschehen jedoch mit ungleicher Geschwindigkeit und — in diesem Satze liegt eben der Hauptpunkt der Siemens'schen Arbeit — die Wirkung hängt von der langsamsten ab; es ist daher ein Oberflächenkondensator nicht richtig konstruirt, wenn an ihm die kondensirende Oberfläche, also die Fläche des Kontakts zwischen Metall und Wasser und die Fläche des metallischen Wärmeleitungs-kanals selbst von gleicher Ausdehnung sind.

In der Praxis hat die Kondensation des Dampfes gewisse Grenzen, die bestimmt sind 1. durch die Wärmeleitung der Substanz, welche die Wärme absorbiert; 2. durch die Zahl der Theilchen von permanenten Gasen (Luft), die im Dampf enthalten sind und dessen Kontakt mit dem Metall mehr oder weniger hindern; und 3. durch die Trägheit des Dampfes, der das durch Kondensation entstandene Vakuum nicht rasch genug ausfüllt.

Was die Wärmeleitung der Metalle betrifft, so haben die Versuche gelehrt, dass Gefässe aus guten Leitern in genau gleicher Form, aber sehr beträchtlich verschiedener Wanddicke Wasser, durch dieselbe Wärmequelle erhitzt, in genau gleichen Zeiten auf dieselbe Temperatur bringen, was somit beweist, da ja die Wärmeleitung der Metallwand in beiden Fällen unbedingt verschieden sein muss, dass die Transmission der Wärme durch das Metall viel schneller ist, als deren Absorption durch das Wasser.

Diesen Thatsachen entsprechend, konstruirte nun Siemens einen Oberflächenkondensator für Wasserkühlung in folgender Weise: Eine grosse Anzahl von langen und schmalen Kupferblechen ( $\frac{3}{16}$  Zoll dick) werden durch zwei flache an ihren Längskanten aufliegenden Kupferdrähte auseinandergehalten und das ganze System dann so fest zusammengeschraubt, dass ein vollkommen dichter Abschluss erzielt wird.

Wenn nun der zu kondensirende Dampf den Kondensator von aussen umgibt und das Kühlwasser sich im Inneren desselben zwischen den Platten befindet und nach aufwärts strömt, so ist offenbar die Berührungsfläche des Dampfes mit dem Metalle viel kleiner, als jene zwischen

Metall und Wasser, und es geht die Wärmeleitung, kurz gesagt, vom Dampf aus durch die Stirnseite des Kupfers in das Innere desselben, in das Wasser vom Kupfer aus aber durch die Breitseite des letzteren; es ist daher die Möglichkeit gegeben, zwischen diesen beiden Wärme-Abgabsquerschnitten ein richtiges Verhältniss, entsprechend den oben ausgesprochenen Gedanken, herzustellen, und man soll dann nach Siemens dadurch vor Allem erzielen: grosse Oekonomie des Metalls; sodann relativ geringe Oberfläche, weil der Dampf stets der Oberfläche sehr nahe bleibt; leichte Zugänglichkeit zu jedem Theile des Kondensators, und endlich eine einfache, billige Konstruktion, die namentlich durch ungleiche Expansion nicht leicht in Unordnung geräth.

Siemens stellte nun einen solchen Kondensator für eine achtpferdige Dampfmaschine her, seine äussersten Dimensionen waren zwei Fuss Länge, drei Fuss Höhe und  $4\frac{1}{2}$  Zoll Breite, mit einer Gesammtraumfläche von 100 englischen Quadrat-Fuss, und nach seinen Angaben soll dieser Kondensator sehr gut gearbeitet haben.

Was den Hauptgedanken von Siemens betrifft, die Flächen für Wärme-Abgabe ungleich zu machen, so möge hier darauf hingewiesen werden, dass er im Gebiete der Heizung, sei es der Dampfkessel-, sei es der Ofen- oder der Luftheizung durch Dampfrohren, ebenfalls seit Langem befürwortet und namentlich in letzterem Gebiete heute häufig in Anwendung kommt.

Man braucht ja nur an die sogenannten Rippenheizkörper zu denken; auch bei diesen wird die Berührungsfläche zwischen heissem Dampf (oder den Heizgasen) und dem Metall relativ klein gegenüber der Berührungsfläche zwischen Metall und der zu erwärmenden Luft hergestellt.

Im Gebiete der Dampfkessel-Konstruktion ist mir in einem der ersten Jahrgänge von Dingley's Polytechnischem Journal der Vorschlag eines Engländers, ich glaube Namens Williamson, begegnet, die Kessel nach innen mit zahlreichen auf der Krümmung normal stehenden dicken Bolzen zu versehen, die daher mit der Kesselwand eine kontinuierliche metallische Verbindung haben und innen ganz von Wasser umgeben sind; Williamson erwartet hievon eine wesentlich schnellere Verdampfung bei sonst gleicher äusserer Kesselfläche. Zu diesem Vorschlag machte damals ein englisches technisches Journal die kritische Bemerkung: das sei genau so, als ob Jemand von einem Flusse mehr Wasserabgabe erwarten würde blos dadurch, dass er sein Bett erweitert, also z. B. tiefer gräbt.

Wie wir oben sahen, ist jedoch theoretisch genommen der Vorschlag unanfechtbar und es können nur praktische Gründe dagegen sein; ich glaube es sind dies: die Unannehmlichkeit der Konstruktion selbst und der verhältnissmässig dennoch geringe Gewinn, verbunden mit einer bedeutenden Zunahme des Materialgewichtes, das man wohl lieber als äussere Kesselfläche, also zur Vergrösserung der Heizfläche verwenden wird.

Einen Oberflächenkondensator mittelst Luftkühlung hat Siemens nicht konstruirt, spricht aber von einem solchen Projekte eines gewissen Craddock. Dieser, wie ich glaube, lebt noch, da ich einen Mann dieses Namens in den Verhandlungen der englischen aeronautischen Gesell-

schaft fand, und da es sehr natürlich ist, dass die Herstellung sehr leichter Dampfmaschinen auf das Studium von Luftkühlkondensatoren führt, dürfte er mit jenem von Siemens erwähnten Manne identisch sein.

Ich fand nun einen diesbezüglichen Aufsatz von Craddock im 1843er Jahrgang von „The Mech. Mag.“, und da liest man Folgendes:

Er versuchte zuerst den Kühleffekt von Luft an heissem Wasser in horizontalen Röhren; das Ergebniss war so ungünstig, dass für einen Kondensator eine viel zu langsame Kühlung, resp. Kondensation des Dampfes zu erwarten war; er verwendete daher dann einen Ventilator und da wurde der Effekt ein bedeutend besserer, aber es zeigten sich zwei Uebelstände, nämlich der Arbeitsaufwand für den Ventilator und die ungleichmässige Verbreitung des Luftstromes über die ganze Kondensatorfläche. Aus diesen Gründen — sagt Craddock — verfuhr er nun umgekehrt, er liess nämlich den Kondensator gegen die Luft rotiren, wozu eine geringe Arbeit nöthig gewesen und wobei eine gleichmässige Verbreitung der Luft eingetreten sein soll. In Folge dieser Versuche fand Craddock die kühlende Kraft von Luft gegen Wasser wie 1 zu 25.

In dem betreffenden Aufsatz gibt er nun eine Zeichnung und Beschreibung seines rotirenden Kondensators; er besteht aus einem System vertikaler Röhren, die unten und oben in ein gemeinschaftliches Gefäss münden und die wegen Dehnung durch Erwärmung etwas gekröpft (statt geradlinig) sind; ausserdem ist eine eigene einfache Anordnung getroffen, um zu verhüten, dass das Kondenswasser in den äusseren Röhren vermöge der Fliehkraft in die Höhe steigt und dadurch der Dampf direkt einen kürzesten Weg einschlagen und statt des Kondenswassers ausfliessen möchte.

Zahlenangaben über Arbeitsaufwand und Menge des kondensirten Dampfes pro Flächeneinheit in der Zeiteinheit finden sich in diesem Aufsatz Craddock's nicht. Hingegen enthält das „The Mech. Mag.“ vom Jahre 1847 einen weiteren Bericht Craddock's, und da heisst es:

Die Luftkühlung hat nur da Vortheile gegen Wasserkühlung, wo besondere Umstände maassgebend sind, wie z. B. schwierige oder zu kostspielige Wasserbeschaffung. — Hienach muss Craddock ungünstige Zahlenresultate gefunden haben, obwohl er andererseits erzählt, er hätte volle vier Wochen seinen (cylindrischen) Dampfkessel ohne jede Wasserzugabe betrieben und derselbe wäre am Ende dieses Zeitraumes noch zur Hälfte gefüllt gewesen.

Er macht auch den Vorschlag, bei Lokomotiven vorne an der Brust einen solchen rotirenden Kondensator anzubringen und bei den Oberflächenkondensatoren für Schiffsmaschinen befürwortet er, den Kondensator rotiren zu lassen, denn man könne dann anstatt der 20 Quadrat-Fuss Oberfläche pro 1 Pf. K., die Hall verlangt, mit 15 Quadrat-Fuss auskommen.

Was nun die eigentliche Idee Craddocks betrifft, aus Gründen der Zweckmässigkeit die Kondensatoren zu drehen, statt die kühlende Flüssigkeit zu bewegen, so glaube ich, dass Manches dagegen und Nichts dafür spricht.

Vor Allem ist eine Dichtung einer rotirenden Achse nöthig, was zu Unzukömmlichkeiten und besonders zu

Reibungsverlusten Anlass gibt; ferner ist es nicht richtig, dass an Arbeit erspart wird, wenn der Kondensator und nicht die Luft bewegt wird; denn ein aus vielen Röhren bestehender Körper ist nichts Anderes als ein Zentrifugalventilator, der die Luft an die Peripherie treibt, ihr also ebenfalls eine gewisse lebendige Kraft ertheilt, ebenfalls Reibungswiderstand, nämlich zwischen den Röhren und der Luft hat, geradeso wie das beim Ventilator an den Schaufeln der Fall ist, und, was das Wichtigste ist, es findet bei einem solchen, doch nicht nach rationellen aërodynamischen Grundsätzen erbauten Ventilator eine ungleich grössere Wirbelbildung statt; es folgt daher, dass man einen viel besseren Wirkungsgrad erhält, indem man einfach einen gehörig konstruirten Ventilator verwendet und den Kondensator ruhen lässt. Auch die gleichmässige Vertheilung der Luft an die Röhren muss sich in dem einen Falle ebenso gut oder ebenso schlecht erreichen lassen wie in dem anderen.

Was aber vollends die Verwendung eines rotirenden Kondensators an der Brust der Lokomotive angeht, so muss Craddock sich nicht um die hier obwaltenden Zahlenverhältnisse gekümmert haben; denn eine nähere Ueberlegung, namentlich aber Versuche über die Grösse der nöthigen Oberflächen, zeigt, dass man zum Zwecke der Kondensation des Lokomotivdampfes mittelst Luftkühlung nicht den Raum vor dem Rauchkasten, sondern einen ganzen eigenen Wagen für den Kondensator benöthigen würde. Hingegen ist der Vorschlag Craddock's, das Kühlwasser in Oberflächenkondensatoren der Dampfmaschinen lebhaft in Agitation zu bringen, wenn es auch nicht gerade durch die Rotation des Kondensators geschieht, gewiss ein richtiger.

Ungefähr ein Jahrzehnt nach Craddock hat sich nun mit Versuchen über Oberflächenkondensation von Wasserdampf, und zwar sowohl mittelst Wasser als mittelst bewegter Luft, ein Mann beschäftigt, der zu den grössten Physikern der neueren Zeit gehört, und merkwürdigerweise sind seine, bis jetzt wohl genauesten und feinsten Versuche (im Kleinen) zur Feststellung der obwaltenden Zahlenverhältnisse, in unseren Büchern, sei es der Physik oder der Maschinentechnik, nicht einmal erwähnt.

Es hat nämlich J. P. Joule, der Mitbegründer der mechanischen Wärmetheorie, im Jahre 1860 in der Londoner Akademie der Wissenschaften über diesen Gegenstand eine Vorlesung gehalten und dieselbe in den „Philosoph. Transact.“ (151. Band vom Jahre 1861) veröffentlicht. Sein Versuchsapparat war so angeordnet, dass er aus einem Dampfkessel Dampf durch eine vertikale Kondensationsröhre leitete, die von einer konzentrischen Röhre umgeben war, so dass durch den ringförmigen Zwischenraum entweder Wasser oder Luft mit verschiedener Geschwindigkeit durchgetrieben werden konnte. In Joule's Arbeit finden sich nun mehrere Mittheilungen über die sozusagen intimeren Vorgänge bei der Kondensation, die nicht nur an und für sich interessant, sondern auch lehrreich, namentlich für etwaige neu beabsichtigte Anordnungen sind und uns Klarheit über die Physik dieses technisch so wichtigen Vorganges verschaffen.

Vor Allem sei der auch für Heiztechnik interessante Punkt hervorgehoben, dass sämmtliche in dem Kessel befind-

liche und im Kesselwasser absorbierte Luft nach einem Ausblasen des Dampfes während ungefähr 10 Min. vollständig ausgetrieben war, so dass man es bei den Kondensversuchen demnach mit einem luftfreien Dampf zu thun hat; ein Umstand, der, wie bekannt, von grösstem Einfluss auf eine rasche Kondensation ist.

Joule theilt nun zuerst einen Brief mit, den er an W. Thomson richtete; darin spricht Joule von einer Formel Thomson's, die hier angewendet sei, und die, wie wir ja wissen, so lautet:

Ist  $w$  die Wassermasse, die in der Zeiteinheit das Kondensrohr passirt,  $v$  die Temperaturdifferenz zwischen Dampf und Kühlflüssigkeit an irgendeiner Stelle,  $K$  die Leitungskonstante der Metallwand,  $A$  die Fläche der Kondensröhre pro Längeneinheit,  $a$  deren Wanddicke und  $dv$  die Aenderung der Temperaturdifferenz zwischen zwei Stellen  $x$  und  $x + dx$ , so wäre jene Formel —  $w dv = KA \frac{dx}{a} \cdot v$  und daher auch  $\log \text{nat} \frac{V}{v} = \frac{KAx}{av}$ , wo  $V$  die Temperaturdifferenz an der Eintrittsstelle bedeutet.

Die Grösse  $K$ , die Wärmeleitungsfähigkeit des Metalls, sagt nun Joule, muss in diesem Falle viel kleiner genommen werden als sonst; denn in Wirklichkeit, ausgenommen eine sehr grosse Geschwindigkeit des Wassers, wird eine warme Haut von Wasser sich an die Metallwand anschliessen, welche eine höhere Temperatur besitzt, als die mittlere Temperatur der ganzen passirenden Wassermenge, also die Wärme-Entnahme eine geringere sein, als nach der obigen Formel für das gewöhnliche  $K$ , und Joule setzt voraus, dass hier  $K$  eine Funktion von  $w$  sein werde.

Die Grösse  $a$ , die Dicke der Metallwand, nimmt Joule, wie Alle (auch W. Siemens), als eine konstante an, und als Hauptresultat der Versuche findet er nun, dass der Leitungswiderstand durch die Dicke des Metalls im Vergleiche mit dem der Rohroberfläche durch die adhärirende Wasserhaut nur ein ganz geringer sei, wie wir auch oben gelegentlich Siemens' Arbeit anführten.

Es ergaben sich ferner folgende Thatsachen, vor deren Anführung wir noch vorausschieken, dass die Länge des angewendeten Dampfrohres 4 Fuss und dessen äusserer Durchmesser 0.75, dessen innerer 0.63 Zoll betrug, und dass der Durchmesser des äusseren Rohres einmal 0.8, dann 0.85 und endlich 1.4 Zoll genommen wurde.

Bezeichnet man  $\frac{K}{a}$  durch  $C$ , so bedeutet  $C$  die hier geltende Leitungsfähigkeit der Metallwand gegen das vorbeiströmende Wasser, und Joule fand, dass  $C$  proportional sei  $w^{\frac{1}{2.25}}$ , womit der Einfluss der Kühlwassermenge charakterisirt ist.

Der Einfluss des Abstandes  $\delta$  beider Röhren wird vermöge der Versuche durch den Ausdruck gekennzeichnet  $C$  proportional  $\delta^{\frac{1}{2.185}}$ .

Die Reinheit der Oberfläche des Dampfrohres zeigte auf  $C$  gar keinen Einfluss, so dass  $C$  für reine und für eingölte Metallflächen dasselbe blieb. Wenn ein Kern in die Dampfrohre gesteckt wurde, so zeigte sich durch

diese Verengung des Dampfraumes kein Vorthail, obwohl man vielleicht meinen könnte, der Dampf werde hiedurch mehr an die Rohrwand gedrängt und also die Kondensation befördert.

Die Strömungsrichtung betreffend, so sollte man erwarten, dass eine Gegenströmung besondere Vortheile bieten würde, es war aber nur im geringen Grade der Fall, nämlich es war  $C$  nur wie 684 gegen 500 grösser geworden.

Die Art des Metalls hatte gegenüber der Wasserhaut keinen Einfluss.

Joule versuchte, die so schädliche Adhäsion der Wasserhaut zu verringern; er hängte zu diesem Zwecke eine halbrechts-halblinks gewundene Spirale zwischen beide Rohre, so dass das Wasser in Schraubenform getrieben, also eine bessere Mischung aller seiner Theile herbeigeführt werden sollte. In der That war der Nutzen dieser Anordnung ganz deutlich; es zeigte sich  $C$  vergrössert wie 413 zu 166. Als das praktisch wichtigste Resultat dürfte anzusehen sein, dass die Leitung sehr rasch mit der Wassermenge wächst, bei sehr kleinen Geschwindig-

keiten wächst sie schneller als die  $\sqrt[3]{V}$  aus der Geschwindigkeit, bei grossen Geschwindigkeiten immer weniger und erreicht rasch eine Grenze.

Das sind die Versuchsergebnisse bei Wasserkühlung.

Mit Luftkühlung führte Joule die Versuche ebenso aus, und zwar mit Luft von verschiedener Pressung, und die Ergebnisse fasst er in folgende Sätze zusammen.

Eine Haut von Luft hängt nicht so zähe an der Rohroberfläche an wie eine Haut von Wasser; die Geschwindigkeit der Luft hat auf die Wärmeleitung einen viel grösseren Einfluss als bei Wasser; auch hier wirkten die eingehängten Spiralen günstig; aber die geringe Leistungsfähigkeit von Luft als Kühlkörper macht sie nur in Ausnahmefällen anwendbar. Um diese geringe Leitungsfähigkeit der Luft durch Zahlen zu beleuchten, heben wir hervor, dass die Grösse  $C$  bei Wasserkühlung bei den verschiedenen Versuchen zwischen rund 100 und 500 variirte, bei Luftkühlung zwischen 18 und 36, wobei immer  $C$  bedeutet: die Anzahl Wärmeeinheiten (Wärmemengen), um ein englisches Pfund Wasser auf  $1^\circ$  zu erwärmen, die durch einen englischen Quadrat-Fuss hindurchgehen, wenn die Temperaturdifferenz  $1^\circ \text{C}$ . beträgt; im metrischen Maasse wäre das  $C$  das nahezu fünffache des Vorigen, und das bedeutete in einem der Fälle, nämlich  $C = 36$ , wobei die Luft unter einem Druck von 228 Zoll Wasser und mit  $19^\circ$  ein- und mit  $99^\circ$  austrat, die Kondensation von nahe  $5\frac{3}{4} \text{ kg}$  Dampf pro Stunde und Quadrat-Meter.

Diese Zahl ist durchaus nicht unbedeutend, wenn man die Wünsche der heutigen Technik, die in den Sechziger Jahren noch nicht so wie heute geartet waren, in Betracht zieht; es gibt bereits Fälle genug, in denen man mit einem solchen Ergebniss sehr zufrieden sein kann, ja sie ist so gross, dass die Praxis sie, wie ich Grund habe zu glauben, gar nicht in dem Maasse realisiren kann, wie dies Joule in seinem mehr physikalischen Versuche im Kleinen thun konnte;

man könnte sich wohl auch mit der Hälfte der obigen Kondensationszahl begnügen, wenn man sie im Grossen durch einfache und relativ billige Mittel erreichen kann.

Da man in der Praxis nicht mit Luft von 228 Zoll Pressung arbeiten, resp. kühlen wird, so wäre unter den Joule'schen Versuchen namentlich jener als der Wirklichkeit näher kommend anzusehen, bei dem die Luft unter 1·3 Zoll Wasserdruck und mit 10·9° Eintritts- und 50° Austrittstemperatur und bei einem grösseren Ringabstand beider Rohre als im vorigen Falle arbeitete, also mittelst Ventilators gekühlt wurde, und hier fand Joule nahe 6·8 kg kondensirten Dampfes pro Stunde und 1 m<sup>2</sup> und es fragt sich eben, ob man auch in der Technik, wo grosse Systeme von Kühlflächen und nicht nur einzelne Rohre vorhanden sind, solche Ergebnisse erreicht; denn darin liegt eine Hauptschwierigkeit, sämtliche Rohre fast gleich wirksam für die Kühlung zu machen, so dass man die Kondensationszahl von einem Rohr ganz einfach mit der Zahl der Rohre zu multiplizieren brauchte, um im Vorhinein die Wirksamkeit seiner Konstruktion zu wissen. Es ist ja bekannt, wie in einem anderen Falle, nämlich bei Dampfkesselanlagen, das blosses Berücksichtigen der geometrisch gerechneten Heizfläche zu ganz bedeutenden Verrechnungen führen kann.

Aus diesem Grunde muss man, bei grösster Achtung vor den Joule'schen Versuchen, vom Standpunkte der Technik aus demnach sagen, dass sie die Frage, die uns hier beschäftigt und soweit eine definitive, praktische Beantwortung gefordert wird, nicht entfernt so gut beleuchtet, wie faktisch im grösseren Style durchgeführte Versuche mit ganzen Systemen von Kühlflächen, seien sie Röhren oder Platten oder wie immer geartete Oberflächen.

Zur Vergleichung von den Oberflächenkondensatoren mittelst Wasserkühlung führen wir daher aus der direkten Praxis folgende Daten an:

Hall nahm pro indizierte Pferdekraft der Dampfmaschine 2 m<sup>2</sup> Kühlfläche an, Sewell nahm für eine 200pferdige Maschine einen Oberflächenkondensator von 4000 Messingröhren mit einer Oberfläche von 500 m<sup>2</sup>, also pro 1 Pferdek. 2½ m<sup>2</sup>.

Sewell, wie Hall, Napier u. A. lassen das Kühlwasser durch den Dampf bloss erwärmen, Pierson hingegen verdunstet es, indem er die Rohre damit betröpfelt, er nimmt ¼ m<sup>2</sup> pro eine indizierte Pferdekraft. (Nach Scholl's „Führer des Maschinisten“, VII. Auflage.)

Nach Rühlmann (Allgem. Maschinenlehre, IV. Band) gibt Maudslay ¼ bis ⅓ m<sup>2</sup> Oberfläche pro indizierte Pferdekraft und ⅓ bis ½ m<sup>2</sup> pro effektive Pferdekraft; Cousté meint, man müsse 1 m<sup>2</sup> pro eine Pferdekraft verwenden, um gute Resultate zu erhalten. Ziese gibt (in der Arbeit „Ueber neuere Schiffsmaschinen“, 1879) an, dass man pro indizierte Pferdekraft 22 englische Quadrat-Fuss Kondensatoroberfläche braucht, das wäre also 0·2 m<sup>2</sup>. Da diese Angaben sich auf die Pferdekraft bezieht, eine Pferdekraft aber je nach den Umständen ungleiche Dampfmengen braucht, so ist es rationeller die Oberfläche auf die Dampfgewichte pro Stunde zu beziehen, und hier mögen folgende Daten genügen:

Spencer behauptet, seine Kondensatoren kondensiren 12 Pfd. Dampf in einer Stunde und pro Quadrat-Fuss, dass wäre also nahe 60 kg pro 1 m<sup>2</sup> und Stunde.

Ledieu macht in seinem Werke: *Traité élémentaire des appareils à vapeur de navigation* folgende Angaben:

Genau nach Péclét nimmt er bei Wasserkühlung für eine Temperaturdifferenz von 1° 1·39 oder 9 kg kondensirten Dampf pro Stunde und 1 m<sup>2</sup>, je nachdem der Dampf Luft enthält oder nicht; nimmt er nur die mittlere Temperatur der Dampfkammer eines Oberflächenkondensators zu 65° und die des Wasserbehälters zu 30°, so fände man 48·65 kg Dampfkondensation pro 1 m<sup>2</sup> in einer Stunde; aber in der Praxis erhält man nur ein Viertel dieser Zahl, also 12 kg, mit den gewöhnlichen Kondensatoren, und der Grund liegt hauptsächlich in der Oxydation der Röhre von aussen und der Schichte von Oel von innen, welche immer vom Dampf aus der Maschine mitgerissen wird. Mit den sogenannten amerikanischen Oberflächenkondensatoren, System Pirsson, soll es jedoch möglich sein, volle 46 kg Dampf zu kondensiren; die Hauptursache des günstigen Erfolges soll in dem rapiden Draufstürzen, eigentlich Besprengen des Kühlwassers auf die Röhren liegen, und, wie Ledieu ferner meint, in dem Fehlen von festen Niederschlägen aus dem Kühlwasser an den Aussenwänden des Kondensators.

Diese letztere Ansicht scheint mir unrichtig zu sein, da noch so lebhaft Wasserströmung feste Ansätze nicht verhindert, und, wie ich mich erinnere, brachten die technischen Journale in der neueren Zeit die Mittheilung, dass die Pirsson-Kondensatoren ebenso gut auf Rohrflächen feste, schlechtleitende Inkrustationen bilden wie alle anderen. Zudem darf nicht unerwähnt bleiben, dass in Folge der Methode der Pirsson'schen Kühlung eine enorm rasche Abnutzung der Kühlrohre eintritt; Ledieu selbst gibt an, dass sie kaum zwei Jahre aushalten.

Die neuesten Angaben über die Verhältnisse bei Oberflächen-Kondensatoren fand ich in dem „Hilfsbuch für den Schiffbau“ von Johow, das im Jahre 1884 erschien. Hier werden folgende Daten mitgetheilt.

Für die Kondensation von 1 kg Dampf konsumiren die Einspritz-Kondensatoren (in mittleren Breiten) 25—27, und die Oberflächen-Kondensatoren 50—60 kg Wasser, letztere also die doppelte Wassermenge der ersteren; hiebei werden pro indizierte Pferdekraft im Mittel 0·15 bis 0·20 m<sup>2</sup> Kühlfläche benöthigt und die jetzigen Schiffsmaschinen im Allgemeinen brauchen für eine indizierte Pferdekraft ungefähr 10—12 kg Dampf, bei den neuesten Compound-Maschinen mit grosser Kolbengeschwindigkeit und hoher Dampfspannung jedoch an Speisewasser, also arbeitenden plus nichtarbeitenden Dampf zusammengekommen, nicht mehr als 8—9·5 kg. Die Kesselheizflächen sollen im Durchschnitt das 2½- bis 2fache der Kondensatoroberfläche betragen. Da nun der wirklich in den Kondensator gelangende Dampf wohl nur im Mittel zu ¼ des totalen angenommen werden kann, so hätte der Kondensator pro eine indizierte Pferdekraft ungefähr 9 kg Dampf zu verdichten.

Hieraus würde folgen, dass 1 m<sup>2</sup> Kühlfläche nahe zu 45 bis höchstens 50 kg Dampf in einer Stunde zu kon-



densiren im Stande ist; diese Zahl übertrifft jene, die Ledieu als die günstigste angibt, und es ist mir nicht bekannt, ob die Ursache dieser grossen Kühlkraft in der grossen Kühlwassermenge oder in einer besseren Anordnung der Röhren und der Wasserbewegung längs derselben zu finden ist; jedenfalls wäre zur Vervollständigung unserer Einsicht zu wissen nothwendig, wie gross die zur Förderung und Bewegung des Kühlwassers nöthige Pumpenarbeit sei; sie kann nicht so ganz gering sein, da meistens Zentrifugalpumpen, also Pumpen mit relativ geringem Wirkungsgrad, in Anwendung sind, und da ferner die geförderte Wassermenge nach Obigem nahe doppelt so gross ist als bei Einspritz-Kondensatoren, bei welchen letzteren die Pumpenarbeit ungefähr 1% der effektiven Maschinenleistung absorbiren; wir dürfen daher wohl mindestens 2—2½% Arbeitsaufwand für die Kaltwasserpumpe voraussetzen.\*)

Die wichtigsten Angaben über Wärmeabgabe, die sich mehr auf Heizvorrichtungen beziehen, sind folgende:

Nach Clément (Péclét I, S. 319) werden mittelst Wasser von 28° durch Metallblech in Dampf von 100° kondensirt: in einer Stunde pro 1 m<sup>2</sup> nahe an 1.3 kg für eine Temperaturdifferenz von 1°, also 100 kg Dampf pro Stunde.

Péclét macht (Handbuch der Wärme 1860, II. Band, S. 120) folgende Angaben:

„Bei Dampfkondensation durch Luft kann man im Durchschnitt (also ohne nähere Angabe über Lage und Form der Kühlfläche) auf eine Verdichtung von 1.5 kg Wasserdampf auf das Quadrat-Meter und in einer Stunde, sowie auf eine Temperaturdifferenz von 75° rechnen. Wenn die Kondensation durch Wasser bewirkt wird, so beträgt diese Dampfmenge bei einer Temperaturdifferenz von 1° 9 kg oder 1.39 kg, je nachdem der Kühler eine kleine Röhre oder ein Gefäss von grosser Räumlichkeit ist, aus welchem die Luft nicht leicht ausgetrieben werden kann.“

Hienach würde sich das Verhältniss der Kühlkraft von nicht künstlich bewegter Luft zu Wasser im ungünstigsten Falle ungefähr verhalten wie 1:70.

Nach den Angaben von Grashof in den „Resultaten“ im Artikel über Dampfheizung wird die nöthige Rohrfläche  $f$ , um eine Wärmemenge  $W$  in einer Stunde abzuleiten  $= \frac{W}{12(t-\Delta)}$  angenommen, wobei  $t$  die Dampf- und  $\Delta$  die mittlere Lufttemperatur ist, woraus für  $t$  110° und  $\Delta = 14°$  folgt  $f = \frac{W}{1152}$ , und sonach würden für Dampf von 1 Atm. an Luft von 28° nahezu 1.6 kg pro 1 m<sup>2</sup> in einer Stunde kondensirt werden.

Verglichen mit der Angabe von Clément folgt, dass die kühlende Kraft von Wasser gegen jene der nicht künstlich bewegten Luft nahezu 60 mal grösser ist.

Beim Vergleich von Luftkühlung mit Wasserkühlung darf bei Benützung der Zahlenangaben nie übersehen werden,

\*) Es wäre überhaupt sehr lehrreich zu wissen, welches die grösste bisher erreichte Kondensationskraft von 1 m<sup>2</sup> Oberfläche bei so und so grosser Kühlwasserförderung pro Stunde ist, und wie sich die Verhältnisse mit der Zeit, d. h. mit Zunahme der Ablagerungen auf den Röhren ändern.

dass die Wärmemengen sehr verschieden sind, je nachdem die Heizflächen (z. B. horizontal oder vertikal) liegen, wie ihre Oberfläche beschaffen ist (z. B. blank oder verrostet), und endlich, dass bei den obigen Daten über Dampfheizung nur einzelne Rohre, nicht aber sehr ausgedehnte Systeme von Kühlflächen in Betracht gezogen werden; die Vergleichungszahlen haben daher nur approximativen Werth und man muss sich eben, um die Frage der Luftkondensation zu beantworten, doch nur an direkte Versuche halten.

Die naheliegende Idee, das erneuerte Kühlwasser direkt an freier Luft, ohne künstliche Bewegung derselben, abzukühlen, die so häufig namentlich durch Gradirwerke realisiert wird, nahm vor einiger Zeit Brunon in eigenthümlicher Weise auf, indem er in der „Compte rendu mensuel“ des Jahres 1879 folgenden Vorschlag machte: Das laue Wasser geht zuerst durch eine Schichte von Hobelspänen, die fast alles Fett der Maschine absorbiren, dann breitet es sich in Kühlbassins aus, in die es längs feiner Fäden herabsteigt, indem es über vertikal gespannte Baumwollfäden fliesst. Da — meint Haton de la Goupillière, dessen Aufsatz über Motoren und Pumpen in den „Annales des mines“ vom Jahre 1879 ich diese Notiz entnehme — unter diesen Umständen die Verdampfung nur gering sein wird im Verhältniss zur Wassermenge, die zur Kesselspeisung nöthig ist, so werde stets genug Wasser vorhanden sein und man könnte daher „fast unendlich oft“ dasselbe Wasser zum Kühlen und Speisen benutzen.

Von Honigmann (dem Erfinder der Natron-Lokomotive) stammt der Vorschlag, den Zug des Schornsteins des Dampfkessels als Antrieb für die Bewegung von Luft zu benutzen, die über ein Röhrensystem streichen und dadurch den Dampf kondensiren soll. Es ist natürlich, dass diese Arbeit nur auf Kosten der Zugfähigkeit des Schornsteins geleistet werden könnte, und da, wie bekannt, die Zugerzeugung durch Temperaturdifferenzen, obwohl die einfachste, jedoch die unökonomischste von allen Methoden ist, so ist diesem Vorschlag kein praktischer Werth zuzuschreiben und die Luftbewegung durch mechanische Ventilation demselben bei Weitem vorzuziehen.

Ein Mittelding zwischen Wasserkühlung und künstlicher Luftkühlung ist die Anordnung von Nézéraux; er will Wasser sparen, treibt daher mittelst eines Ventilators Luft durch eine durchlöchernte Platte, über welche das erwärmte Kühlwasser läuft, um es abzukühlen und wieder verwenden zu können; die Ersparniss an Wasser soll merkwürdigerweise so gross sein, dass nur ein Hundertstel der sonst aufgewendeten Kühlwassermenge nöthig wird; es ist dann aber nicht einzusehen, warum nicht das Kühlwasser ganz bei Seite gelassen und blos Luft zur Kühlung verwendet wird. Diese Zahlenangabe hätte nur dann, und zwar nur entfernt, einen Sinn, wenn ein Theil des Kühlwassers faktisch verdampft und nicht das Wasser blos gekühlt wird, denn dann dient die ganze latente Wärme, die zur Verdampfung benöthigt wird, zur Verzeehrung der latenten Wärme des zu kondensirenden Dampfes, wobei praktisch genau genug angenommen wird, dass die beiden latenten Wärmen einander gleich sind.

Während Nézéaux seinen Vorschlag der Luftbefeuchtung, respective der Lüftung des lauen Kühlwassers im Anfange der Siebzigerjahre bereits ausgeführt hatte, ersehe ich, dass Fouché in Paris im Jahre 1880 ein deutsches Patent auf dieselbe Anordnung genommen hatte; Fouché feuchtet die Luft, indem er sie mittelst Ventilators durch vertikale Metallsiebe leitet, welche von oben durch Spritzröhren mit Wasser berieselt werden; einige Details der Konstruktion des Röhrenkondensators scheinen ihm eigenthümlich zu sein, über die der oben zitierte Aufsatz „Neuerungen an Kondensatoren“ in Dingler's Journal Bd. 247 Näheres mittheilt.

Aehnlich Nézéaux kühlt auch Linde mit einem Apparat, den ich in Dingler's Polytechn. Journal (253. Bd.) beschrieben fand; er taucht ein System von konzentrischen Drahttrommeln in's warme Wasser oder in die zu kühlende Flüssigkeit, und während dieses Trommelsystem sich um eine horizontale Achse dreht, wird mittelst eines Ventilators Luft über sie in der Achsenrichtung hinweggeblasen.

Ein Vorschlag, mittelst Luft zu kühlen, stammt auch von Prof. G. Wellner in Brünn; in den Technischen Blättern des Jahres 1886 schlägt er vor, Kühlwasser in den Kondensator einzuspritzen und das aus der Luftpumpe kommende warme Auswurfwasser durch Luft so weit abzukühlen, bis eine dem Speisewasser gleiche Menge verdunstet, durch welche Verdunstung nahe so viel latente Wärme entzogen wird, als der Auspuffdampf in den Kondensator, also in's Kühlwasser, brachte. Es ist hienach nur nöthig, stets neues Speisewasser, nicht aber die soviel (z. B. 22mal) grössere Menge Kühlwasser herbeizuschaffen. Die Verdunstung durch die Luft soll nach Wellner so geschehen, dass in einem Kasten eine Anzahl von Tüchern herabhängt, längs welchen das warme Auswurfwasser von oben herabrieselt und abgekühlt wird, indem ein Ventilator Luft zwischen den Tüchern hindurchbläst. Nach Wellner's Berechnung könnte man trotz des Arbeitsaufwandes für den Ventilator durch Ermöglichung der Kondensation, die sonst eventuell wegen Wassermangel nicht möglich wäre, nahe an 20% an Brennstoff ersparen. In einem durchgerechneten Beispiel rechnet er für eine Maschine von 65.5 Pferdek. mit einem Dampfaufwand von 655 kg pro Stunde eine Oberfläche der feuchten Tücher mit 80 m<sup>2</sup>, daher 1 m<sup>2</sup> Kühl-(Verdunstungsfläche) für je 8 kg Dampf.

Ziemlich identisch mit dem Wellner'schen Projekte ist eine Konstruktion von Chaligny und Guyot-Sionnest, in einem der letzten Hefte von Dingler's Polytechnischem Journal (Band 263, Heft 2 des Jahrganges 1887) unter dem Titel „Dampfmaschinen-Kondensator mit wieder gekühltem Wasser“ beschrieben. Hier wird ebenfalls ein eigener „Kühler“ angewendet, der aus einer grossen Zahl von Netzen aus Hanfschnur, analog den Wellner'schen Tüchern, besteht, auf welche wagrecht gespannten Netze das vom Kondensator kommende etwa 70° warme Wasser geträufelt und mittelst eines Schraubengebläses zum theilweisen Verdunsten gebracht wird, so dass sich der Rest auf etwa 30° abkühlt. Dieses Projekt wurde in der That ausgeführt, und es wird über die Versuchsergebnisse Folgendes berichtet: Die Maschine leistete ohne jenen Kühlapparat, also bei Be-

nützung von stets frischem Kühlwasser 40 Pferdek., und verbrauchte in diesem Falle pro Pferdekraft und Stunde 120 l Wasser; wurde aber der Kühler eingeschaltet, so leistete die Maschine in Folge der zu leistenden Gebläse-Arbeit und des geringeren Vakuums bloß 36.3 HP., brauchte aber nur 7 bis 8 l Wasser pro Pferdekraft und Stunde.

Es kommt also stets darauf an, wie sich der Preis des Kühlwassers zum Preise des Brennstoffs verhält; von diesem Verhältniss hängt der Nutzen einer solchen Vorrichtung ab, und in dem ebencitirten Aufsatz wird die Schlussfolgerung gezogen, dass die Anwendung solcher Kühler vorthellhaft sein wird, wenn der Preis des Kondensationswassers 4 Pf. pro 1 m<sup>3</sup> überschreitet. Allerdings gibt es aber Fälle, wo nicht der Preis, sondern die Unmöglichkeit der Wasserbeschaffung an und für sich für derlei Vorrichtungen entscheidet.

Der englische Ingenieur Wenham machte — so wie ich mich erinnere, in der aeronautischen Gesellschaft in London — vor Jahren den Vorschlag, einen Einspritzkondensator mit Luft herzustellen, also durch einen Ventilator Luft in den Auspuffraum zu treiben und so direkt zu kondensiren.

Es ist mir nicht bekannt, dass diesbezügliche Versuche gemacht wurden; ich selbst habe dies im Kleinen erprobt, will aber erst die Resultate eines Versuches an einem ziemlich grossen Objecte abwarten, bevor ich über diesen Vorschlag mich äussere.

Nur auf einen Punkt will ich gleich hier aufmerksam machen, nämlich auf den Umstand, dass die hineingetriebene Luft doch wieder in's Freie entweichen muss, und da sie sich mit Dampf bei der vorhandenen Temperatur ganz sättigen wird, muss eine beträchtliche Menge Dampf von ihr mit in's Freie genommen werden; eine vollständige Kondensation wird also in keinem Falle erwartet werden können; dass ein Vakuum im Kondensatorraum nicht erhalten wird, sondern nur theilweise Wiedergewinnung des Speisewassers und also keine Verminderung des Gegendruckes auf den Dampfkolben, ist ein zweiter Nachtheil dieser Methode.

Von neueren praktischen Versuchen und Aeusserungen der Techniker über direkte Dampfkondensation durch Oberflächenkühlung mittelst bewegter Luft, wo also nicht erst Kühlwasser benützt, sondern der Dampf direkt von der bewegten Luft gekühlt wird, fand ich Folgendes:

Im Engineering wird über derlei Versuche von Perkins berichtet. Perkins fand, dass in zweizölligen Röhren, in denen Dampf von 6—7 Atm. durchging und die der Luft ausgesetzt waren, ungefähr 100 Quadrat-Fuss nöthig sind, um pro Stunde den Dampf aus 1 Kubik-Fuss Wasser zu kondensiren, während 150 Quadrat-Fuss nöthig sind, wenn der Dampf nur 1 Atm. Spannung hat; also resp. 0.625 Pfund, und 0.417 Pfund pro Quadrat-Fuss und Stunde.

Nun ist es aber sehr wichtig, zu beachten, dass diese Abkühlungsziffer nur durch gleichzeitige Leitung und Strahlung ermöglicht wurde; wenn die Strahlung fast Null ist, was ja bei praktischen Kondensatoren beinahe stets der Fall ist, muss man eben einen

raschen Luftstrom anwenden, um ein brauchbares Resultat zu erzielen, und da macht nun Perkins die sehr wichtige Zahlenangabe, dass er ein Drittel Pfund Dampf pro Quadrat-Fuss und Stunde kondensirte, d. h. in metrischem Maass 1.62 kg Dampf pro Quadrat-Meter und Stunde; wobei zum Durchjagen der Luft ungefähr ein Achtel der indizirten Leistung der Dampfmaschine nöthig war.

Ueber die Luftkondensation bei Tramway-Lokomotiven, der bis heute wichtigsten Anwendung solcher Vorrichtungen, fand ich folgende Angaben und Aeusserungen, die ich hier etwas ausführlicher zusammenstellte, um Jenen, die sich für den Gegenstand interessiren, das Materiale zur Hand zu geben.

Mallet (in der Revue Ind. 1878) meint, es sei im Allgemeinen nutzlos, Kondensation anzuwenden, weil die Apparate zu komplizirt würden und man solle nur den Lärm des Auspuffs beseitigen, welches letztere gut erreicht werden könne durch Anwendung mehrfacher Mündungen oder dergleichen; in jenen Momenten, wo der Lärm des Dampfauspuffs ganz vermieden werden muss, sende man den Dampf in ein Wasserreservoir.

Evans baute im Jahre 1871 Strassenlokomotiven mit Luftkondensatoren, Zahlenangaben und weitere Resultate sind mir nicht bekannt.

Die Revue Ind. vom Jahre 1880 berichtet über die Francq-Lamm's bekannte feuerlose Lokomotive, dass der Dampf in einen geschlossenen Cylinder tritt, der von mehr als 600 Rohren von 25 mm äusseren Durchmesser, mit einer Gesamtoberfläche von 35 m<sup>2</sup> durchzogen ist. Die Röhren sind an beiden Seiten offen, so dass die Luft frei hindurchziehen kann.

Einer Diskussion über Luftkondensation im englischen Ingenieur-Verein ist aber die Aeusserung Tomlinsons zu entnehmen, dass man nach Analogie mit Perkins Versuchen annehmen könne, es werde trotz der Luftkondensatoren mehr als die Hälfte des ganzen Dampfes frei entweichen; er selbst hätte die Konstruktion eines Luftkondensators versucht, derselbe war aus Zinkröhren hergestellt, hatte nicht weniger als 1600 Quadrat-Fuss Oberfläche, aber der Erfolg wäre sehr schlecht gewesen, denn es wäre kaum ein Zehntel des Dampfes kondensirt worden. Francq selbst sagte darauf, es wäre in der That bei Anwendung von Luftkühlung eine viel zu grosse Oberfläche nöthig, um Luftkondensation praktisch zu ermöglichen; allerdings wäre bei Wasserkühlung wieder ein weit zu grosses Wassergewicht mitzunehmen, eine komplette Kondensation sei wohl überhaupt nicht nothwendig.

Das „Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens“ vom Jahre 1880 enthält einen Bericht über die „Strassen-eisenbahnen mit Dampftrieb des nördlichen Italiens“; es wird mitgetheilt, dass die Mailand-Saronno-Tradatebahn 9 Lokomotiven besitzt, von denen 8 dem System Brown (in Winterthur) und 1 dem System Krauss (in München) angehören, und keine dieser Lokomotiven besondere Vorrichtungen für Kondensation des Dampfes besitzt, ebensowenig für Verhütung von Geräusch.

Auf der Mailand-Gorgonzola-Vaprobahn, wo mehrere Systeme von Lokomotiven laufen, sind es die

Henschel- und Banat-Lokomotiven, die mit Dampfkondensations-Vorrichtungen versehen sind.

Im Jahrgang 1877 derselben Zeitschrift gibt Heusinger von Waldegg einen Bericht über die Strassenbahn zwischen Kassel und Wilhelmshöhe, bei der Merryweather's Lokomotive verwendet wird; hier hat man, um das heftige Entweichen des stossweise austretenden Dampfes zu vermeiden, eine Vorrichtung angebracht, welche den Dampf theils in den auf dem Dache der Maschine angebrachten Wasserbehälter treten und dort in Röhren kondensiren lässt, theils in den ebenfalls von jenem Wasserbehälter umgebenen Schornstein zum Anfachen des Feuers abführt, so dass die Maschine wirklich fast ganz geräuschlos arbeitet.

Im selben Jahrgang wird von Dr. Röhrig über die Rowan-Lokomotive berichtet, dass der Dampf so gut kondensirt wird, dass ein sehr geringes Quantum Wasser für einen sehr langen Betrieb ausreicht und gar kein sichtbarer Dampfaustritt erfolgt.

Rowan selbst führt in seiner Broschüre (aus dem Jahre 1877) an, dass er folgende Anordnung befolge: Um alles Entweichen des Dampfes in die Luft zu verhindern, verwendet er einen kleinen geräuschlosen Ventilator, um den Luftzug hervorzubringen, der zugleich zum Verdichten des Dampfes benützt wird. Unter den Sitzen im Wagen oder an irgend einer anderen passenden Stelle wird ein Kasten von Blech angebracht; durch diesen sind von einem Ende zum anderen eine grosse Anzahl Rohre gezogen, rund oder flach. Der ausströmende Dampf wird in den Kasten oder Kondensator geleitet; den Luftzug von dem Ventilator lässt er auf dem Wege zum Feuer durch die Rohre passiren. Die Geschwindigkeit des Ventilators und die Länge der Rohre wird so abgepasst, dass die Luft, welche beim Eintritt in letztere eine Temperatur von z. B. 14° hat, bis zu zirka 60° erhitzt wird.

Es sei mit Leichtigkeit genügender Raum für eine Kondensationsfläche von bis 1000 Quadrat-Fuss zu beschaffen, indess bedürfe man in Wirklichkeit bei Weitem nicht einer so grossen Fläche.

Die Rowan'sche Tramway-Lokomotive, die jetzt in Berlin verkehrt, ist mir bezüglich ihrer Kondensationsvorrichtung und deren Funktionseffekt aus keiner Beschreibung bekannt, jedoch hatte ich im Jahre 1884 Gelegenheit, sie bei einer Probefahrt daselbst zu besichtigen; ihre Zugkraft beträgt 25 Pferdek. und der Luftkondensator liegt auf dem Dache und besteht, wie ich glaube, aus 20 Wänden aus Kupferblech, die durch je neun Rohre gebildet werden; die Gesamtoberfläche soll 80 m<sup>2</sup> betragen. Soweit ich aus meinen bisherigen eigenen Studien und Experimenten schliessen kann, dürfte diese Oberfläche, besonders im Hochsommer, für etwa gewünschte permanente Dampfkondensation nicht genügen.

Im Jahrgang 1882 derselben Zeitschrift wird über die internationale Tramway-Lokomotiven-Konkurrenz in Arnheim berichtet und die Ansicht ausgesprochen, dass Kondensationsapparate meist zu komplizirt sind und daher als unnützer Ballast zu betrachten seien; jedoch am Schlusse desselben Artikels bezüglich der Krauss'schen Tramway-Lokomotiven bemerkt,

dass die günstige Beurtheilung derselben auch darin ihren Grund hatte, weil ihre Kondensation am besten fungirte. Dieser Kondensationsapparat ist nach dem Röhrenoberflächen-Prinzip konstruirt, befindet sich auf dem Dache, und besteht aus drei Leitungen von U-Eisen, die durch 130 transversale Kupferrohre von 35 mm lichtem Durchmesser und von 1 mm Wandstärke verbunden sind. Die totale luftberührte Kühlfläche beträgt  $35 m^2$ . Der Dampf strömt nun aus dem Cylinder in einen Sammelkasten, wo derselbe durch das Speisewasser abgekühlt wird und sodann in den Röhrenkondensator auf dem Dache, von wo der nicht kondensirte Rest des Dampfes direkt in das Kondensationswasser geleitet wird. Hieraus folgt, dass der Kondensator eine komplette Kondensation nicht ermöglicht.

Nach angestellten Versuchen kann ein derartiger Kondensator per  $1 m^2$  Kühlfläche und pro Stunde 3.5 kg Dampf von  $1\frac{1}{4}$ — $1\frac{1}{2}$  Atmosphären Druck und bei einer Lufttemperatur von  $+17^\circ C$ . effektiv kondensiren, wobei als mittlere Geschwindigkeit der Luftbewegung hiebei wohl 3 m pro 1 s anzunehmen wäre, bei 10 km Fahrgeschwindigkeit pro Stunde, ist also die kilometrische Leistung des Kondensators  $\frac{35 \cdot 3.5}{10} = 12.4 \text{ kg}$  Dampf, was für den Konsum bei mässigen Steigungsverhältnissen genügen würde; die Leistung der Maschine soll gegen 30 Pferdekraft betragen. Ich kann nicht umhin, die Zahl von 3.5 kg kondensirten Dampf pro  $1 m^2$  und Stunde als eine überraschend grosse zu bezeichnen. — In der Regel sollen die Tramway-Lokomotiven von Krauss ohne Kondensator gebaut werden, weil, abgesehen von den Unterhaltungskosten, durch ihn das Gewicht der Maschine um 1000—1100 kg vermehrt, und der Preis des Motors um mindestens 1500 Mk. theuert wird.

In der Abhandlung von Clark „Die Strassenbahnen“; (deutsch von Uhland, 1880) wird über den Luftkondensator von Perkins bei seinem Strassendampfwagen, der 1874 in Brüssel ausgestellt war, Näheres mitgetheilt. In diesem Falle wurden Kupferrohre von 12 mm Durchmesser verwendet mit einer Gesamtoberfläche von 65—75  $m^2$ ; sie standen zu beiden Seiten der Maschine und die kalte Luft kondensirte den Dampf; die oberen Enden der Rohre waren geschlossen bis auf eine kleine Oeffnung, durch welche etwa vorhandener Dunst entweichen konnte. Man soll kein Entweichen von Dampf in's Freie bemerkt haben. Nach englischen Berichten soll die Kondensation nicht ganz gelungen sein.

Spée (in „Exploitation des chemins de fer Américains“) sagt, dass der Luftkondensator nicht wirksam genug sei; hienach sieht man, dass noch eine präzise Versuchsreihe in diesem Gebiete zu wünschen ist.

Die Société métallurgique hatte einmal einen eigenthümlichen Luftkondensator bei ihrer Strassenlokomobile: Der Abdampf theilte sich in eine Anzahl Strahlen, von welchen jeder mittelst einer konischen Düse Luftströme einsaugte, um dadurch den Dampf zu kondensiren. Man fand jedoch die Kondensation unvollständig, wenn die Luft

warm (oder trocken) war, und musste später die Kondensationsfläche auf das Fünffache vergrössern.

Dieselbe Anordnung führte Robertson im Jahre 1881 aus; der Abdampf geht durch ein Rohr in einen Wasserbehälter, saugt hiebei Luft nach und behufs einer innigen Mischung mit der angesaugten Luft besitzt das Dampfrohr zahlreiche schräge Spalten, durch welche die Luft nachgesaugt und zugleich mit dem Dampf gemengt, also die Kondensation desselben befördert wird; Robertson führte diese Konstruktion für Strassenlokomotiven aus, ich weiss nicht, ob er auch Derjenige ist, der dieselbe soeben erwähnte Methode bei der Société métallurgique durchgeführt hat.

In dem Werke von Bürkli-Ziegler über Strassenbahnen wird erwähnt, dass dieselbe Gesellschaft durch Oberflächenkondensatoren mit Luft kühlt, jedoch soll die Kondensation bei feuchtem Wetter nicht vollständig gewirkt haben. — Hughes kondensirt den Abdampf in einem Kaltwasserreservoir.

Was nun meine eigenen Arbeiten im Gebiete der Dampfkondensation und Wasserkühlung, die ich im Jahre 1877 begann und mit langen Unterbrechungen bis heute fortführte, betrifft, so war mein eigentliches Ziel das, zu erfahren, durch welche Anordnung von dünnen metallischen Flächen der Auspuffdampf von Dampfmaschinen durch Luftströmungen vollständig kondensirt werden könne, so dass man nicht nur kein Kühlwasser benöthigt, sondern auch das Speisewasser, ein ursprünglich vorhandenes Minimum ausgenommen, praktisch genommen, d. h. von etwaigen Verlusten durch Undichtheiten abgesehen, gar nie zu erneuern braucht.

Hiebei war die Hauptfrage also die Wiedergewinnung des Speisewassers und nicht die Herstellung eines partiellen Vakuums im Kondensator; dieses Letztere kann ja immer leicht durch eine genügend starke Kühlung herbeigeführt werden, und die Versuche {konzentrirten sich daher namentlich auf die Umwandlung von Wasserdampf von  $100^\circ C$ . in Wasser von  $100^\circ$  oder in Wasser von noch niedriger Temperatur, wobei aber nie eine Luftleere im Kondensatorraum in Anwendung gebracht wurde. Die Kühlung von heissem Wasser wurde mehr nebenbei versucht, u. zw. aus dem Grunde, weil nach den gewonnenen Erfahrungen in diesem Falle Versuche im Grossen viel genauer und auf einfachere Weise zu brauchbaren Zahlenresultaten führen.

Den ersten und bereits in ziemlich grossem Maassstabe ausgeführten Versuch führte ich im Jahre 1878 aus.

Es wurden aus Zinkblech sehr flache Kasten durch Verlöthung hergestellt, jeder Kasten von nahe  $\frac{1}{2} m$  Breite, 1 m Höhe und 0.01 m lichter Weite.

Die Zinkbleche wurden, bevor sie miteinander verlöthet wurden, mittelst einer Stanze gebuckelt, d. h. es wurden zahlreiche halbkugelförmige Erhöhungen aus dem Blech (in warmem Zustande) herausgetrieben und diese Erhöhungen waren in diagonaler Richtung so vertheilt, dass die Zirkulation des Dampfes innerhalb der Zelle wie auch jene der Luft zwischen je zwei Zellenwänden nicht gestört wurde; der Zweck dieser Buckelung der Bleche war der,



eine solche Steifigkeit derselben hervorzubringen, dass sie trotz des (geringen) inneren Dampfdruckes oder der Dehnungen vermöge der eintretenden Temperaturerhöhung ebene parallele Flächen bildeten. \*)

Solche flache Behälter oder Zellen wurden 24 verwendet; sie hatten an den zwei diagonal einander gegenüberliegenden zwei Ecken runde Oeffnungen, und durch eigenthümlich geformte Flantschen aus Zinkguss, die durch Gummiringe und zwei Zugschrauben an den Zellenwänden dicht angepresst werden konnten, wurde oben und unten ein Kanal gebildet, der oben den Dampf in sämtliche Zellen einliess, welcher sie aber nicht hintereinander durchströmte, sondern vermöge Parallelschaltung sich in allen gleichzeitig vertheilen konnte; im unteren Kanale trat das Kondenswasser aus.

Dieses ganze Zellsystem, dessen Beschreibung man eventuell aus meiner Privilegiumsbeschreibung vom Juli 1878, des Titels: „Verbesserte Konstruktion von Hohlkörpern mit grosser Oberfläche für Wärmetransmission“ entnehmen kann, wurde in einen anliegenden Eisenblechkasten gestellt, der unten einen leeren, gegen aussen abgeschlossenen Raum enthielt, in den Wind aus einem Ventilator eintreten konnte, und der oben, wie natürlich, offen war. Der Wind trat also unterhalb der Zellen ein, durchströmte die 23 1 cm weiten und  $\frac{1}{2}$  m breiten Zwischenräume, kühlte die Wände und trat oben, nach einem Wege von 1 m längs der Kühlflächen, in die freie Atmosphäre aus. Um sehr ungünstige Umstände zu haben und also möglichst Minimalzahlen zu erhalten, wählte ich eine sehr heisse Zeit im Hochsommer, und zudem stand der Apparat der localen Verhältnisse wegen \*\*) auf einem Blechdache, das so heiss war, dass man die Bedeckung nicht mit der Hand berühren konnte. Eine solche Verschärfung der Schwierigkeiten war mir sehr angenehm, um für alle dann vorkommenden praktischen Fälle sichere Zahlen zu besitzen, die Einen nicht im Stiche lassen.

Dass in diesem Falle die Kühlung absolut in keinem noch so geringen, merkbaren Bruchtheile durch Strahlung, sondern nur durch Leitung an die Luftströmung geschehen konnte, ist evident, und die Ergebnisse der zahlreichen Versuche waren nun folgende, die man nicht anders als höchst ungünstig nennen kann. Im Durchschnitte ergaben sich aus den Versuchen folgende mittlere Werthe:

Die Luft hatte beim Eintritte eine Temperatur von  $27^{\circ}$  C., beim Austritte ungefähr  $60^{\circ}$  C.; die Gesamtoberfläche betrug  $22 m^2$ , und es wurden kondensirt in einer Stunde  $14\frac{1}{2}$  kg Dampf.

Wurde der Ventilator-Wind abgesperrt und in dem unteren Raume des Behälters eine Thüre geöffnet, durch welche die atmosphärische Luft eintreten konnte, so wurde offenbar eine Art Schornstein hergestellt, der spontan Zug erzeugen und also ebenfalls Dampf kondensiren musste,

\*) Später, nämlich im Jahre 1881, nahm Marchant in Paris ein Deutsches Reichspatent auf einen ebensolchen Zellenkondensator aus gebuckelten Blechen, die Details desselben findet man in Dingler's Journal, Bd. 247, S. 5.

\*\*) Die Versuche und der Kondensator wurden durch das freundliche Entgegenkommen des Herrn Hof-Bauschlossers Heinrich Sasse in Wien in seinem Fabrikslokale ausgeführt.

das Ergebniss bei einer Lufteintritts-Temperatur von  $20^{\circ}$  C. war die Kondensation von etwas über 3 kg Dampf pro Stunde; also nahe nur ein Fünftel vom vorigen Resultate.

Wir können daher mit einem solchen Apparate unter obigen Temperaturverhältnissen in einer Stunde und pro  $1 m^2$  Kühlfläche mit einem Zweigstrome eines Schmiedefeuergebläses, der auch sehr viele Widerstände in seiner Rohrleitung fand, dessen Menge ich aber Mangels eines Anometers nicht messen konnte, nur ein Dampfgewicht von 0.66 kg kondensiren.

Ueberdies zeigte diese Konstruktion mannigfache Uebelstände, namentlich den, dass die Wände der dünnen Bleche selbst trotz wellenförmiger Versteifungsstreifen und analoger Vorsichtsmaassregeln sich in der Hitze ausbauchten und dadurch die Querschnitte für den Luftdurchgang sehr verengten; die Anwendung von Messingblech statt Zinkblech hätte wieder andere Unannehmlichkeiten, und es wurde daher Ende des Jahres 1878 eine andere Anordnung versucht, von der man sich bessere Resultate versprechen konnte. Ich verfertigte nämlich blasebalgähnliche Hohlräume aus dünnem Bleche; diese Körper sind gewissermaassen wie Rippenheizkörper gestaltet, jedoch mit sehr hohen und hohlen Rippen und sehr dünner Metallwand.

Es wurden verschiedene Grössen, verschiedene Beschaffenheit der Oberflächen (blanke, berusste, oxydirte) dieser Kühlkörper in Anwendung gebracht und ausserdem ihre Achse bald horizontal, bald vertikal gestellt, und endlich wurden sie sowohl in Ruhe als in einer Bewegung im Kreise mit einer bestimmten Geschwindigkeit erprobt. Die Abkühlung wurde ferner bei diesen Kondensatoren sowohl bezüglich des Dampfes als des heissen Wassers versucht. Der grösste Kühlkörper hatte 24 Einzelzellen von 160 mm Durchmesser, ihre Gesamthöhe betrug 235 mm und der Hals, der axiale Kanal, war nur 30 mm weit, dessen Gesamtfläche betrug  $0.85 m^2$ .

Zusammengefasst ergab sich hiebei Folgendes:

Vor Allem fand sich aus vielen Versuchen und übereinstimmend bei verschiedenen Grössen, dass die spontane kühlende Kraft derselben, d. h. ohne künstlichen Luftwechsel, bei der horizontalen Achsenlage fast genau doppelt so gross war, als bei der verticalen; dass sie im ersteren Falle grösser sein muss, ist im Vorhinein einzusehen, weil ja eine ganze Reihe schmaler Schornsteine vorhanden ist, die einen Luftstrom nach aufwärts hervorrufen; der Versuch zeigt nun, dass dieser Umstand die Kühlkraft solcher Körper verdoppelt. Mit diesem Allen stimmt es auch überein, dass eine blanke und eine berusste Oberfläche des Kühlkörpers fast genau gleiche Resultate gaben, da ja bekannt ist, dass die Wärme-Abgabe durch Leitung von der Oberflächenbeschaffenheit unabhängig ist.

Die Menge des kondensirten Dampfes betrug bei einer Zimmertemperatur von  $23^{\circ}$  C., horizontaler Achslage und pro  $1 m^2$  und Stunde  $\frac{2}{3}$  kg, bei verticaler  $\frac{1}{3}$  kg; demnach viel weniger als bei unseren Dampfheizungsrohren, was dadurch zu erklären, dass die strahlende Wärme bei solchen blasebalgähnlichen Körpern verschwindend klein, bei glatten Rohren aber relativ bedeutend ist, so lange nicht mit künstlichem Luftwechsel gearbeitet wird.

Wurde sodann der Körper bei vertikaler Achslage durch einen schwachen Ventilator gekühlt, so ergab sich ungefähr die  $3\text{--}3\frac{1}{2}$ -fache kondensirte Dampfmenge gegenüber jener am ruhigen aufrechtstehenden Kondensator, nämlich  $1.2\text{ kg}$  und darüber pro  $1\text{ m}^2$  und Stunde.

Bei Abkühlung von heissem Wasser im Inneren des Kühlkörpers ergaben sich für eine Temperaturdifferenz von Wasser gegen Luft  $= 75^\circ$  die pro  $1\text{ m}^2$  und Stunde abgegebenen Wärmemengen im stehenden, im liegenden und im stehenden mit  $2\text{ m}$  Geschwindigkeit bewegtem Zustande: resp. 200, 400 und 1000 Kal.

Die Anwendung blasebalgartiger Hohlkörper für Luftkühlung zeigte sich bei genauerer Ueberlegung und nach den vielen Erfahrungen gelegentlich ihrer Herstellung und Benutzung nicht praktisch; namentlich ist es hier nicht möglich, den Luftstrom unter einem beinahe rechten Winkel anstossen zu lassen, sondern mehr oder weniger parallel, was immer einen ungünstigeren Kühleffekt verursacht. Ferner sind die Abstände solcher schüsselförmiger Elemente in der Nähe der Achse sehr gering, nach aussen immer grösser, so dass der Querschnitt für die Luft, im Mittel genommen, viel zu gross, also der Kühleffekt ebenfalls gegenüber der durchgetriebenen Luftquantität ein relativ geringer sein muss.

Zu Beginn des Jahres 1879 wurden Versuche gemacht mit Systemen von Blechscheiben, die sehr nahe aneinander standen und an einer Achse aufgesetzt waren, durch deren Drehung sie in Wasser tauchen und wieder heraustauchten. Der Gedanke war der, eine einfache und billige Konstruktion zu versuchen, die in einen kleinen Raum eine sehr grosse Kühlfläche zu bringen erlaubt.

Das Wasser wurde hiebei als Kühlwasser gedacht, das durch in ihm liegende Dampfrohre stets erwärmt wird, und beabsichtigt, wenn die Ergebnisse günstige sind, aus Gründen der Leichtigkeit an Gewicht und Wohlfeilheit der Herstellung statt Metallflächen Leinwandzeug oder dergleichen zu verwenden.\*)

Die Zahlenresultate fielen aber ungünstiger aus, als bei der vorhergehenden Konstruktion, wobei natürlich die Verdunstung der Wasseroberfläche an den Metallflächen nicht durch einen künstlichen Luftstrom befördert wurde, da ich die Konstanz der vorhandenen Kühlwassermenge als eine Grundforderung ansah.

Aus letzterem Grunde und nach den ungünstigen Ergebnissen bei freiwilliger Abkühlung der benässen Scheiben ging ich daran, Luft zwischen die Scheiben hindurch zu fördern, und um gar nichts vom Wasservorrath zu verlieren, stellte ich einen Apparat her, in welchem ein vorhandener Vorrath von Rüböl, das bei den hier vorkommenden Temperaturen an der Luft fast gar nicht verdunstet, als konstante Kühlflüssigkeit für Dampfrohre zu funktionieren hatte.

Damit würde also eine indirekte Kondensation des Dampfes durch bewegte Luft erzielt werden. Die Methode, durch Abdunstung bei Anwendung grosser Leinwand- oder

Tuchflächen zu kühlen (an die ich lange vor Wellner's Publikation dachte), wollte ich eben nicht anwenden, da, speziell für aëronautische Zwecke, besonders für Dampfmaschinen bei eventuellen Flugmaschinen, das Gewicht des Speisewasservorrathes für mehrere Stunden eine ziemlich bedeutende todte Last repräsentirt.

Mein Kühl-Oel-Apparat, der also mittelst Dampf stets geheizt und durch rotirende Messingscheiben mit einer Gesamtoberfläche von  $2\frac{1}{4}\text{ m}^2$  wieder abgekühlt wurde, ergab Folgendes:

Die sämmtliche von den Kühlflächen an die Luft abgegebene Wärme bestand aus zwei Theilen, aus der latenten Wärme des kondensirten Dampfes und der negativen oder positiven Temperaturänderung des Oelvorrathes nebst Metalltheilen (Scheiben und Kasten); denn man konnte nicht im Vorhinein die Rotation und die Windströmung so genau treffen, dass eine Konstanz der Oeltemperatur erreicht wurde. Wird dies in der Rechnung berücksichtigt, so fand sich die Wärme-Abgabe von 37 Messingscheiben mit einer Gesamtoberfläche von  $2\frac{1}{4}\text{ m}^2$  an die Luft und zwar bloss in Folge der Rotation, also ohne künstlichen Luftwechsel, im Mittel 108 Kal. und bei Abkühlung durch einen kleinen, sehr vehement gedrehten Handventilator, wie durch lebhaft permanentes Fächeln, 516—570 Kal., das wäre eine Dampfkondensation von nahezu  $\frac{1}{2}\text{ kg}$  pro  $1\text{ m}^2$  und Stunde; kleiner also oder, bei Berücksichtigung der Lufttemperaturen, ziemlich nahe gleich den bei dem Zellenkondensator gefundenen Resultaten.

Es ist somit durch diesen Versuch konstatiert, dass Oel, offenbar vermöge seiner Zähigkeit und wegen seiner geringen spezifischen Wärme, nämlich ein halb von jener des Wassers, äusserst ungünstige Abkühlungsziffern durch Luftströmungen aufweist, was wohl im Vorhinein zu erwarten war, und hiemit stimmt auch das Ergebniss einer anderen Versuchsanordnung, die ich anstellte, und die dahin ging, Wasserdampf, der durch Blechröhren ging, durch fliessendes Oel zu kondensiren, wobei immerwährend frisches Oel genau in dem Maasse nachströmte, dass die Temperatur der kühlenden Flüssigkeit in der That konstant erhalten werden konnte.

Ich fand: Bei einer Oeltemperatur von  $80^\circ\text{ C}$ . wurden  $3\text{ kg}$  Dampf und bei  $70^\circ$  wurden  $8\text{ kg}$  Dampf pro  $1\text{ m}^2$  und Stunde der Kühlfläche kondensirt; bei Wasser von denselben Temperaturen waren resp. 28 und  $42\text{ kg}$  Dampf kondensirt worden.

Nachdem alle diese Versuche durchgemacht worden waren, war für mich wenigstens der Gegenstand nach so vielen Seiten genügend durch die Erfahrung aufgeklärt, dass ich darangehen konnte, mich für irgendeine Methode definitiv zu entschliessen. Wenn die Experimente auch nicht Anspruch auf vollkommene Genauigkeit erheben können, was in der Sache selbst und ferner darin begründet ist, dass ich nur als Privatmann, ohne Hilfsmittel und ohne Besitz mancher hiehergehörigen Messinstrumente, namentlich ohne Besitz eines Anemometers, arbeiten konnte, so ist doch nach Allem eine Einsicht genommen worden, die nicht nur qualitative, sondern auch genügend quantitative, zahlenmässige Bestimmtheit erreichte.

\*) Letzteres wurde von mir namentlich für Dampfmaschinen bei Luftballons projektirt.

Es ergab sich vor Allem, dass die Benützung grosser glatter Flächen, die von der Kühlluft parallel bestrichen werden sollen, bei denen allerdings wenig Arbeit auf Herstellung bedeutender Oberflächen nöthig gewesen wäre, in Beziehung auf Kühlfähigkeit nicht praktisch sei; ferner, dass es am besten sei, nicht durch eine vermittelnde freiliegende Flüssigkeit, wie Wasser oder Oel, sondern den Dampf direct mittelst der hervorgerufenen Luftströmungen zu kühlen, und so construirte ich denn einen Oberflächenkondensator aus Röhren und trachtete nur, in die Konstruktion alles das hineinzubringen, oder aus den Versuchsergebnissen mit diesem Object dasjenige zu erschliessen, was zu thun sei, um die bei Luftkühlung erwünschten Bedingungen zu erfüllen.

Diese Bedingungen sind: Leichtigkeit (relative), Wohlfelheit, Kleinheit des Volumens, ein solches Arrangement, dass keine Luft wirkungslos durchgeht, leichte Zugänglichkeit aller Theile, gleichmässige Wirksamkeit aller Kühlflächen. Als eine Konsequenz dieser letzteren Bedingung die Eigenschaft, die bisher noch nicht erreicht wurde:

Die Kühlkraft pro  $1 m^2$  und Stunde, also die spezifische Kühlfähigkeit, eines Luft-Oberflächenkondensators für grosse zu kondensirende Dampfmengen ebenso gross zu erhalten, wie bei Kondensatoren für geringe Dampfmengen, und als andere Konsequenz ein relativ geringer Arbeitsverbrauch zum Hervorrufen der Luftströmungen.

Soll aber der Arbeitsaufwand für den künstlichen Luftwechsel ein relativ geringer sein, so muss, abgesehen von der selbstverständlichen Bedingung eines gut konstruirten Ventilators, vorerst darüber Klarheit herrschen, wie sich die kühlende Kraft der Luft mit ihrer Strömungsvehemenz ändert, also darüber, ob es rentirt, sehr lebhaften Luftwechsel hervorzurufen, demnach die spezifische Kühlkraft der Flächeneinheit auf Kosten eines grösseren Arbeitsaufwandes zu erhöhen, oder ob es ökonomischer sei, lieber etwas grössere Kühlflächen, dafür aber sanftere Luftströme bei geringerem Arbeitsaufwand zu benützen.

Um über diese Frage schnell und im Ganzen und Grossen einen quantitativen Ueberblick zu gewinnen, arrangirte ich folgendes Experiment:

Ein Thermometer mit grossen Abständen der Theilstriche wurde an der Peripherie einer horizontalen, um eine vertikale Achse drehbaren Scheibe vertikal befestigt; auf eine gewisse Temperatur erwärmt, dann sofort die Scheibe mit bekannter Tourenzahl gedreht, diese dann nach einer bestimmten Zeit festgehalten und am Thermometer so rasch als möglich die erniedrigte Temperatur abgelesen. Auf diese Weise entstand das beistehend verzeichnete Diagramm.

Die anfängliche Temperatur des Thermometers war  $60^{\circ} C.$ , die Zimmertemperatur  $22^{\circ}$ , die Abkühlung begann daher mit einer Temperaturdifferenz von  $38^{\circ}$ , die dann rapid abnahm.

Bei der Deutung dieses Diagramms ist nicht zu übersehen, dass die Temperatur-Erniedrigungen, also die abgegebenen Wärmemengen des Thermometers nicht allein von der Fortführung der Wärme durch die Luft, sondern auch von der Strahlung abhängen.

Nun aber wissen wir, besonders seit den Untersuchungen des Physikers Leslie (siehe dessen „Untersuchung über Wärme“, deutsch von Brandes 1832), dass bei blanker Oberfläche, die hier ja vorhanden ist, der Antheil der strahlenden Wärme ein kleiner Bruchtheil der leitenden sei; wir sind daher berechtigt, die im Diagramme vor-

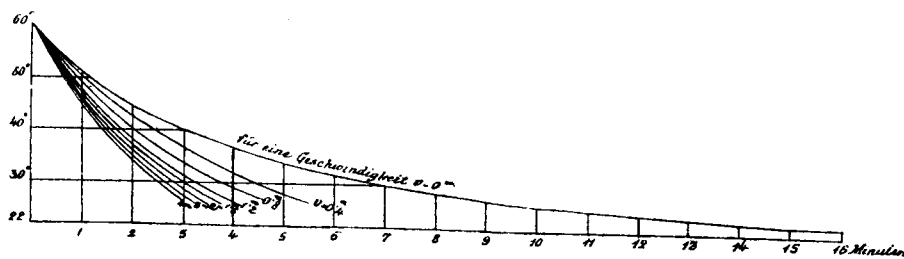
kommenden Wärmeabgaben, für unsere Zwecke und in Anbetracht der doch nicht möglichen vollkommenen Genauigkeit solcher Versuche, als bloss von der fortgeführten Wärme herrührend, anzusehen.

Noch eine andere Frage kann gelegentlich dieses Versuches aufgeworfen werden, nämlich die, ob nicht der Stoss der rotirenden Thermometerkugel gegen die Luft durch Kompression der letzteren nach dem Gesetze von Umwandlung mechanischer Energie in Wärme, eine Erhöhung der Temperatur des Quecksilbers, respektive des Glases des Thermometers, zur Folge habe.

Das ist allerdings der Fall, jedoch beträgt bei den hier obwaltenden geringen Geschwindigkeiten die verursachte Temperaturerhöhung so wenig, dass sie gar nicht in Betracht kommt. Ist nämlich die Geschwindigkeit der Thermometerkugel  $c$ , so ist die relative Geschwindigkeit der gestossenen Luft  $= c$  und  $1 kg$  der Luft von der Masse  $\frac{1}{g}$  wo  $g = 9.8$ , hat die lebendige Kraft  $\frac{1}{g} \cdot \frac{c^2}{2}$  verloren und in Wärme umgewandelt; letztere ist gleich der spezifischen Wärme  $\left(\frac{1}{4}\right)$  mal der Temperaturerhöhung  $(\Delta t)$  und im mechanischen Maasse ausgedrückt  $430 \cdot \frac{1}{4} \cdot \Delta t$ , also besteht die Aequivalenz  $\frac{c^2}{2g} = \frac{430}{4} \cdot \Delta t$  und für  $c$  die höchste von mir angewendete Geschwindigkeit eingesetzt, nämlich  $4 m$  folgt  $\Delta t$  ungefähr  $= \frac{1}{130}^{\circ} C.$

Legen wir die Erfahrungszahlen Joule's zu Grunde, so finden wir Folgendes: Sein rotirender Thermometer stieg um  $1^{\circ} C.$  bei 175 engl. Fuss Geschwindigkeit, d. h. bei ungefähr  $52 m$ ; wenn nun im Maximum  $c = 4 m$  in meinen Versuchen statthatte, so würde eine Temperatursteigerung um  $1^{\circ} \left(\frac{4}{52}\right)^2 = \frac{1}{169}^{\circ} C.$  hervorgebracht worden sein, also eine praktisch ganz zu vernachlässigende Grösse.)\*

\*) Ich bemerke, dass — wie mir während des Druckes dieses Aufsatzes Professor Mach mittheilte — von Joule ein Versuch her-



Es ergibt sich nun schon beim ersten Blick auf die Figur das Resultat:

Dass man bei stetiger Vergrößerung der Geschwindigkeit der Kühlluft sehr schnell eine Grenze erreicht, d. h. dass der Gewinn an Kühlkraft gegenüber dem mit der Luftgeschwindigkeit doch so rasch wachsenden Arbeitsaufwand in einem sehr ungünstigen Verhältnisse steht.

Nun wurden die Versuche mit dem Röhrenkondensator begonnen. Derselbe hatte eine Gesamtoberfläche von nur  $\frac{2}{3} m^2$ , der Durchmesser der Rohre betrug 10 mm, ihre Zahl 144. Bei jedem Versuche wurde zu Beginn Dampf durchgelassen, um die Luft auszutreiben und den Körper zu erwärmen; ferner wurde der Hahn am Dampfkessel immer so weit geöffnet, dass stets am tiefsten Punkte des Kondensators nebst Kondenswasser auch noch etwas wenig Kesseldampf (nicht Dunst) herauskam, um sicher zu sein, dass man das Maximum der Kondensationsfähigkeit benützt habe.

Die Hauptergebnisse der Versuche waren folgende:

Ohne jeden künstlichen Luftwechsel, also durch blosse freiwillige Zuggeschwindigkeit in Folge der Erwärmung der Luft im Kühlkörper ergab sich bei einer äusseren Lufttemperatur von 15–16° C. und einer Austritts-temperatur von 65–70° C., eine Kondensation von durchschnittlich 0.6–0.66 kg Dampf pro Quadrat-Meter und Stunde.

Bei Anwendung eines Ventilators:

Eintritts- Temperatur der Luft	Austritts- Temperatur der Luft	Tourenzahl des Ventilators (saugend)	Dampfkondensation pro 1 m <sup>2</sup> und Stunde in Kilogramm
16°	65°	360–420	1.044
16°	62°	630	1.15
16°	58°	1260	1.8
14°	43°	1400	2.0–2.25

Ferner ergab sich die Wirkung des Ventilators auf die Kondensation bei Umkehrung seiner Drehrichtung, d. h. wenn er blies statt zu saugen, wie ungefähr 1:24:1.7, es ist also zweckmässig stets die Luft in den Kondensator hineinzuziehen und nicht, sie durchzu-

rührt, um mittelst eines rotirenden Thermometers die Aequivalenz von Arbeit und Wärme qualitativ und auch quantitativ aufzuzeigen und in Folge dieser Mittheilung fügte ich eben die obenstehende Bemerkung der Betrachtung über meinen Versuch bei. In dem im Jahre 1884 in London erschienenen Werke: „The scientific Papers of James Prescott Joule“ findet sich nämlich auf S. 399 der Bericht Joule's unter dem Titel: „Notice of experiments on the Heat developed by Friction in Air“, in welchem diese gemeinsam mit Thomson im Jahre 1859 unternommenen Versuche mitgetheilt werden. Es wurde hiebei ein Thomson'sches Aetherthermometer verwendet, das so empfindlich war, dass Ein Theil-

strich desselben nicht mehr als  $\frac{1}{300} ^\circ C$ . repräsentirte; die höchste angewandte Geschwindigkeit des Thermometers beträgt 372 engl. Fuss pro Sekunde, die eine Temperaturerhöhung von 5.3° C. hervorbrachte. Bei späteren Versuchen wurde eine rotirende Thermosäule verwendet und das quantitative Hauptresultat war dies: die Erhöhung der Temperatur zeigte sich proportional dem Quadrat der Geschwindigkeit, und damit war ein Grundgesetz der mechanischen Wärmetheorie, und gewiss auf eine höchst einfache Weise, festgestellt.

drücken; eine Thatsache, die sich auch leicht verstehen lässt, wenn man bedenkt, dass im ersteren Falle eine viel geringere Wirbelbildung beim Eintritt verursacht wird als im anderen.

Was diesen Zahlen noch fehlt, ist die Angabe der nöthigen Betriebskraft, deren Messung aber bei einem so kleinen Objecte keinen Sinn hat; die anderen Daten aber sind bereits so beschaffen, dass man an den „Ernstfall“ denken und an die Ausführung von Versuchen an einen grossen Kondensator gehen kann, um noch einmal alle einschlägigen Verhältnisse quantitativ zu bestimmen, mit dem Bewusstsein, die gewonnenen Resultate direkt und unmittelbar als für die Maschinentechnik brauchbare benützen zu können.

Es ist daher gut, sich die Frage zur genaueren Beantwortung vorzulegen, welchen Nutzen die Maschinentechnik überhaupt von den Oberflächenkondensatoren mittelst Luftkühlung zu erwarten hat.

Vor Allem werden es sogenannte Ausnahmefälle sein, das sind solche, in denen das sonst nöthige Kühlwasser oder gar selbst das nöthige Speisewasser nicht oder sehr schwierig oder sehr theuer zu beschaffen ist, also in erster Linie Tramway-Lokomotiven, wo ja schon heute eine, wenn auch unvollständige Kondensation durch Luft verwendet wird, und wodurch es dann nicht nöthig sein wird, grosse Wassergewichte mitzuschleppen, und ermöglicht, die Röhrenkessel kesselsteinfrei zu erhalten. Noch wichtiger dürfte aber die Verwendung für Lokomobile werden; denn hier würde das erreicht, dass der Kessel stets rein bleibt, die für die Landwirthe so lästigen und theueren Kesselreparaturen in Folge der Niederschläge entfallen und dass man in der Beschaffung des Speisewassers nie in Verlegenheit kommt, und es sei hier bemerkt, dass ein Lokomobile von 12 Pferdekraften (z. B. eines von Garret) pro Tag, zu zehn Stunden gerechnet, nicht weniger als 2300 kg (nämlich 19 kg pro Pferdekraftstunde) Speisewasser verzehrt, wovon allerdings ein Theil schon heute durch partielle Kondensation des Auspuffdampfes gewonnen werden kann, aber eben doch nur ein Theil. Da die Zugerzeugung im Falle totaler Dampfkondensation nicht mehr durch's Blasrohr geschehen kann, so müsste man mittelst eines Ventilators nachhelfen und am besten mittelst desselben, der den Kondensator bedient, denn die Rechnung zeigt, dass das ganz gut möglich ist, indem die Menge der Kühlluft bedeutend grösser ist, als die für Zugerzeugung, resp. Verbrennung nöthige; andererseits ginge es auch sehr gut mit einem und demselben Ventilator sowohl aus der Esse die Verbrennungsgase, resp. die Verbrennungsluft durch den Brennstoff, als durch den Kondensator Kühlluft, also beide Luftpartien getrennt anzusaugen. Z. B. durch Anwendung eines Blasrohres für comprimirt Luft, die vom Ventilator geliefert wird und vorher den Kondensator durchzogen hat. Das hätte einen wichtigen Vortheil, denn, wie es im Ausstellungsberichte über „Marinewesen“ (1874) von A. Friedmann bemerkt wurde, entsteht durch Beförderung des Zuges mittelst Propulsion von gepresster Luft unter die Feuerroste die Unzukömmlichkeit, dass, so oft behufs Einfuehrung oder Feuerungscontrole die Feuerthür geöffnet wird, die Flammen zur Thüröffnung herausschlagen.

Bei den Dampfkesseln für Torpedoboote wird bekanntlich der ganze Heizraum geschlossen und mit gepresster Luft gefüllt, so dass beim Oeffnen der Heizthüre keine Druckdifferenz nach dem Heizstande zu, also kein Heraus-schlagen der Flamme möglich ist.

Da übrigens zu Folge direkt angestellter Versuche unter allen Methoden der künstlichen Zugerzeugung die beste darin besteht, die Rauchgase einfach mittelst Exhaustors aus dem Schornstein zu ziehen, so konnte man dieselbe auch für Lokomobilen, denen man das Dampfblasrohr entzieht, also eventuell auch bei Lokomotiven anwenden, wenn man nur dafür Sorge trägt, den schädlichen Einfluss der hohen Rauchgastemperatur auf den Exhaustor zu verhüten. Eine neuere solche Konstruktion stammt unter Anderen von Martin, und man findet eine Beschreibung und Abbildung dieses „saugenden Flügelgebläses für künstlichen Zug“ in Dingler's Journal, Bd. 263, Heft 2.

Allerdings tritt bei einer solchen Anordnung die Unannehmlichkeit ein, für den Luftkondensator einen separaten, also zweiten Ventilator anwenden zu müssen, da sich beide Luftbewegungen, jene der Kühlluft und zugleich jene der Brennluft, kaum in praktischer Weise durch einen einzigen im Schornstein befindlichen Exhaustor werden hervorbringen lassen.

Die Anwendung von Ventilatoren für Zugerzeugung ist nichts Neues und auf mannigfache Art schon ausgeführt und auch bei mehreren Konstruktionen von Tramway-Lokomotiven in Verwendung genommen worden; ich erwähne in dieser Beziehung die Lokomotiven von Cramp und Todd, und, was noch wichtiger ist, das Blasrohr wird mitunter ganz weggelassen, wie die Konstruktionen von Perkins, Hughes und der Société métallurgique et charbonnière zeigen, welche gar keinen künstlichen Zug hervorbringen und sich durch eine vergrösserte Heizfläche helfen. Zudem ist bekanntlich die Anfachung des Feuers mittelst Blasrohr wegen des Gegendampfdruckes eine äusserst unökonomische Methode, und es wäre daher noch viel zweckmässiger, ein Blasrohr für gepresste Luft unten in den Kamin zu stellen, in welches ein Ventilator dieselbe Luft (oder einen Theil der Luft) hineinpresst, die er aus dem Luftkondensator angesaugt hat.

Eine werthvolle Verwendung der Luftkondensatoren dürfte auch für Gas- und Petroleum-Motoren eintreten, wiederum namentlich da, wo, wie bei Verwendung für Wagen, kein grosses Wassergewicht behufs Kühlung des Arbeitscylinders mitgenommen werden darf. Die z. B. von Körting mitunter bei Gasmotoren angewendete spontane Abkühlung mittelst Rippenheizkörpern ist in solchem Falle wegen des grossen Eisengewichtes und des grossen Raumes beinahe unausführbar, und es wäre daher ein sehr leichter und relativ kleiner Luftkondensator (wie ich ihn bereits zu konstruieren im Stande bin) sehr am Platze.

Es ist daher vor Allem nothwendig, sich über die bei Gasmotoren durch den Kondensator abzuführende Wärmemenge pro Pferdekraft und Stunde klar zu sein.

Sie ergibt sich folgendermaassen: Nach Versuchen (z. B. von Slaby) an Otto's Gasmotor geht in das Kühlwasser nahezu die Hälfte der vom Gase gelieferten Verbren-

nungswärme. Nun braucht 1 Pferdekraft pro Stunde nahe  $1\text{ m}^3$  Leuchtgas, das bei Verbrennung pro  $1\text{ m}^3$  nahezu 6000 Kal. liefert, es sind daher für die Pferdekraftstunde 3000 Kal. abzuführen. Eine Controle dieser Zahl gibt unter Anderem folgender Versuch, den Schöttler in seinem Werke „Die Gasmaschine“ anführt. (S. 48.) Eine 4 pferdige Otto-Gasmaschine benötigte stündlich 175 l Wasser, das von  $12^\circ$  auf  $71^\circ$  erwärmt wurde, das gibt pro Pferdekraft und Stunde 2600 Kal. Würden wir eine Dampfmaschine vor uns haben, die wir mit Kondensation arbeiten lassen wollen, so würde sie, wenn es sich um mittlere Grösse handelt, z. B. um 16pferdekräftige Maschinen gegen 15–20 kg Dampf pro Pferdekraftstunde benötigen, dessen Kondensation die Entziehung von 9000–12.000 Kal. benötigen würde, so dass wir schliessen können: wir benötigen bei der Gasmaschine grösserer Sorte etwa drei- bis viermal weniger Wärme-Entziehung, als für die Dampfkondensation einer gleich starken Dampfmaschine.

Was Petroleum-Motoren betrifft, so dürften sich die Verhältnisse mindestens ebenso günstig, wahrscheinlich aber noch günstiger als für Gasmotoren herausstellen. Denn nach den Angaben, die seitens der Erbauer von Petroleum-Maschinen von Zeit zu Zeit in die Oeffentlichkeit dringen, dürfte man wohl anzunehmen berechtigt sein, der Konsum an Petroleum werde sich pro Stundenpferd ungefähr auf  $\frac{1}{2}$  bis  $\frac{1}{3}\text{ kg}$  belaufen; da nun 1 kg Mineralöl nahe an 11.500 Kal. liefern kann, so würden ungefähr 3800 bis 5700 Kal. im Cylinder pro Stunde und Pferd entwickelt und, wenn wir den Antheil, der in das Kühlwasser dringt, ebenso wie bei Gasmotoren voraussetzen, so hiesse das: es sind für ein Stundenpferd 1900 bis 2850 Kal. dem erwärmten Kühlwasser zu entziehen, während wir bei Gasmotoren 2600 bis 3000 Kal. zu vermischen hatten. Genauere Daten werden wir natürlich erst dann besitzen, wenn mit Petroleum-Motoren ähnliche authentische und verlässliche Versuche vorgenommen sein werden, wie sie bei Gasmotoren schon zahlreich vorliegen. Meines Wissens fehlt es aber noch an solchen Publikationen.

Da ferner beim Gasmotor (wie beim Petroleummotor) nicht Dampf kondensirt, sondern heisses Wasser durch Blechwände hindurch durch Luft abgekühlt werden soll, so stellt sich nach den bekannten Erfahrungen an Wasserheizungen der Wärmeabgabs-Koeffizient noch günstiger heraus, d. h. der Kondensator kann noch kleiner sein, als er der drei- bis vierfach verminderten Wärme-Abgabe einer gleich starken Dampfmaschine entsprechen würde. Die Eigenschaft der besseren Wärme-Abgabe von heissem Wasser als von Dampf an vorbeistreichende Luft, führt auf den Gedanken, ob es nicht doch ökonomischer sei, den Dampf der Dampfmaschine mittelst Wasser zu kühlen, welches Wasser aber, um nicht durch Verdunstung abzunehmen, in einem Röhrenkondensator durch Luft gekühlt würde, so dass man ein Röhrensystem für Dampf von der Grösse der heutigen Oberflächenkondensatoren und einen Kondensator für Wasser von einer beträchtlich grösseren Oberfläche anzuwenden hätte; wie schon oben erwähnt wurde, lassen sich quantitative Versuche für Wasserkühlung mittelst Luft im Kleinen nicht genügend präzise ausführen, um die Frage beantworten zu



können, ob es zweckmässig sei, die grössere Komplikation in Kauf zu nehmen; denn es müsste der Unterschied gegen die direkte Dampfkondensation schon ein beträchtlicher sein, um die Anwendung zweier Kondensatoren zu rechtfertigen. Wahrscheinlich ist es nicht, und, wie ich glaube, wurde ein solcher Versuch von Schwarzkopf, in dieser Weise den Dampf einer Tramway-Lokomotive mittelst eines Dampf- und eines Wasserröhrensystems zu kondensieren, über welches letztere die Luft hinstrich, nicht weiter aufrecht erhalten. Auch aus den näheren Betrachtungen der Wärmeabgabs-Koeffizienten, wie sie von Redtenbacher und später von H. Fischer (Dingler's Polytechnisches Journal, 1878) angegeben wurden folgt, dass kein wesentlicher Unterschied zwischen heissem Wasser und Dampf herrschen dürfte; denn Redtenbacher gab die respektiven Koeffizienten mit 23 und 12 an, Fischer den letzteren mit 17; die Zahl 12 gilt aber eben, wie Wolpert („Theorie und Praxis der Heizung und Ventilation“, II. Auflage, S. 591) glaubt, für horizontale Röhre, 17 für vertikale, so dass es mehr die Lage der Heizfläche, als ihr heisser Inhalt es ist, der den grossen, beinahe auffallenden Unterschied der beiden Koeffizienten bei Redtenbacher erklären würde.

Wenn wir nach Anführung dieser spezielleren Anwendungen die Luft-Oberflächenkondensatoren im Allgemeinen betrachten, so scheint sich eine noch viel weitergehende Verwendung derselben zu ergeben; denn auf Grund aller im Früheren angeführten Erfahrungsdaten, die wir bis auf meine weiteren Messungen provisorisch als einigermaßen richtig ansehen können, kann man folgende Gegenüberstellung machen:

Bei Oberflächenkondensation mittelst kaltem Wasser kondensiert man im Mittel pro Stunde und  $1 m^2$  20–30, in den günstigsten praktischen Anordnungen 45–50  $kg$  Dampf, dabei beträgt der Arbeitsaufwand für die Kaltwasserpumpe mindestens (wahrscheinlicherweise) nahe an  $2\frac{1}{2}\%$  der totalen Maschinenleistung.

Bei Anwendung von Luft als Kühlmittel dürfte man pro Stunde und  $1 m^2$  auf ungefähr  $2\frac{1}{2} kg$  kondensierten Dampf rechnen können, bei einem Arbeitsaufwande für den Ventilator, den wir, vorbehaltlich weiterer direkter Messungen, auf 12% der totalen veranschlagen können.

Das Verhältniss der Kühlkraft von Wasser zu Luft wäre also ungefähr wie 15 oder selbst 20 zu 1 und das des Arbeitsaufwandes wie 1 : 5; dabei ist man bei Luftkühlung aber der konstanten Reinhaltung der Oberflächen sicher, während bei Wasserkühlung ein rapides Inkrustieren derselben, also eine Zunahme der Pumparbeit und ferner auch eine häufige Reinigung und wohl auch baldige Abnutzung der Kühlrohre eintritt.

Ausserdem kann sich der Arbeitsaufwand für den Ventilator bedeutend geringer herausstellen, wenn die Raumverhältnisse und die Unkosten der Herstellung es erlauben sollten, Luftkondensatoren von grösserer Oberfläche, bei denen eine geringere Luftgeschwindigkeit nöthig ist, herzustellen. Ein genaueres quantitatives Urtheil wird sich allerdings erst nach Durchführung von speziellen Versuchen fällen lassen.

Will man ferner die Luftkühlung mit den Einspritzkondensatoren vergleichen, so fallen die eben erwähnten Uebelstände zwar weg, jedoch kommt die Arbeit der Luftpumpe mit nahezu 5% der totalen (effektiven) Maschinenarbeit in Betracht, ganz abgesehen davon, dass das stets erneuerte Speisewasser einen Mehraufwand an Brennstoff in Folge von Kesselstein herbeiführen müsste.

Zur noch grösseren Veranschaulichung des höchstwahrscheinlich zu erzielenden Resultates sei das Beispiel der Lokomobile von 12 Pferdek. mit 19  $kg$  stündlichem Dampfverbrauch vorgeführt. Legen wir die spezifische Kühlkraft des Luft-Oberflächenkondensators mit nur 2  $kg$  zu Grunde, und benütze ich die bereits in meiner vollendeten grösseren Konstruktion gewonnenen Relationen von Gewicht und Grösse eines solchen Objektes, so folgt, dass man sämtlichen Dampf des Lokomobiles mittelst eines Kondensators als Speisewasser wieder erhält, der ein Gewicht von nahe 350  $kg$  und ein ungefähres Volum von  $2 m^3$  besitzt; gewiss sehr günstige Verhältnisse. Diese Zahlen und die vorhergehenden allgemeinen Erwägungen lassen es daher sehr angezeigt erscheinen, genauere Messungen und Kostenberechnungen an solchen Kondensatoren in grösseren Maassstabe vorzunehmen, um sich ein definitives Urtheil über deren Werth für die Praxis bilden zu können.

Mit diesen Untersuchungen bin ich oben beschäftigt.

## Der Reibungswiderstand in Röhren von veränderlichem Querschnitte.

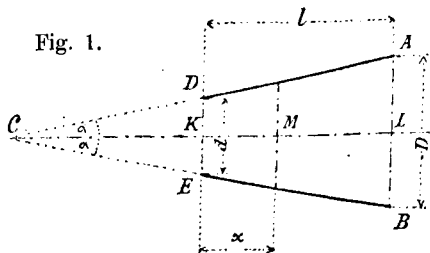
Von L. Hajnis.

(Mit Zeichnungen auf Taf. XVII.)

Für die dem Reibungswiderstande in einem konischen Rohre entsprechende Widerstandshöhe entwickelt Weissbach auf Grund der für cylindrische Rohre gefundenen Ausdrucke seine in die meisten Handbücher\*) aufgenommenen Formel in folgender Weise:

Es sei der halbe Konvergenzwinkel der Röhrenwand  $ACL = BCL = \alpha$

Fig. 1.



(Fig. 1), der Durchmesser  $AB$  der Einmündung  $= D$ , der Durchmesser  $DE$  der Ausmündung  $= d$ , ferner die Länge  $KL$  der Röhre  $= l$  und die Ausflusgeschwindigkeit (bei  $DE$ )  $= v$ .

In einem Abstände  $KM = x$  von der Ausmündung ist der Durchmesser der Röhre:

$$y = DE + 2 KM \cdot \tan \alpha = d + 2x \tan \alpha,$$

und daher die Geschwindigkeit  $w$  daselbst, da sich  $\frac{w}{v} = \frac{d^2}{y^2}$  setzen lässt:

$$w = \frac{d^2}{y^2} v = \frac{v}{\left(1 + \frac{2x}{d} \tan \alpha\right)^2} \dots \dots \alpha$$

\*) Z. B. „Hütte“, 12. Aufl., S. 183.

Für ein Element des Röhrenstückes von der Länge

$\frac{dx}{\cos \alpha}$  ist daher die Widerstandshöhe der Reibung

$$dh = \xi \cdot \frac{dx}{y \cos \alpha} \cdot \frac{w^2}{2g} = \xi \cdot \frac{dx}{y \cos \alpha \left(1 + \frac{2x}{d} \operatorname{tg} \alpha\right)^4} \cdot \frac{v^2}{2g} = \xi \cdot \frac{dx}{d \cdot \cos \alpha \left(1 + \frac{2x}{d} \operatorname{tg} \alpha\right)^5} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (\beta)$$

und es folgt die Widerstandshöhe für die ganze Röhre

$$h = \xi \cdot \frac{v^2}{2g d} \int_0^1 \frac{dx}{\left(1 + \frac{2x}{d} \operatorname{tg} \alpha\right)^5 \cos \alpha},$$

und nach Ausführung der Integration

$$h = \frac{1}{8} \frac{\xi}{\sin \alpha} \left[1 - \left(\frac{d}{D}\right)^4\right] \frac{v^2}{2g} \quad (1)$$

Wie aus dieser Entwicklung ersichtlich, nimmt Weissbach die Grösse  $\xi$  — den Widerstands-Koeffizienten — als konstant an und setzt demgemäss  $\xi$  vor das Integrationszeichen. Bekanntlich ist nun  $\xi$  nicht konstant, und Weissbach's Entwicklung ist daher im Prinzip nicht richtig. Es soll damit nicht gesagt sein, dass namentlich für schwach konische Röhre die Annahme eines konstanten Widerstands-Koeffizienten praktisch unzulässig sei, aber es ist jedenfalls nothwendig, die gemachte annähernde Annahme als solche zu bezeichnen, und ebenso ist es immerhin der Mühe werth, die Rechnung Weissbach's unter Annahme eines variablen Widerstands-Koeffizienten zu wiederholen.

Nach Weissbach selbst ist der Widerstands-Koeffizient von der entsprechenden Geschwindigkeit  $w$  abhängig, und zwar in der durch einen Ausdruck von der Form

$$\xi = a + \frac{b}{\sqrt{w}}$$

gegebenen Weise. Für Meter- und Sekundenmaass ist:

$$a = 0.01439 \quad b = 0.0094711.$$

Führen wir den Ausdruck für  $\xi$  in Gleichung  $\beta$  ein, so erhalten wir

$$dh = \left(a + \frac{b}{\sqrt{w}}\right) \frac{dx}{d \cdot \cos \alpha \left[1 + \frac{2x}{d} \operatorname{tg} \alpha\right]^5} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

oder

$$dh = \frac{a \cdot dx}{d \cdot \cos \alpha \left[1 + \frac{2x}{d} \operatorname{tg} \alpha\right]^5} \cdot \frac{v^2}{2g} + \frac{b \cdot dx}{\sqrt{w} \cdot d \cdot \cos \alpha \left[1 + \frac{2x}{d} \operatorname{tg} \alpha\right]^5} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (\delta)$$

Nun ist nach ( $\alpha$ ):

$$\sqrt{w} = \frac{\sqrt{v}}{1 + \frac{2x}{d} \operatorname{tg} \alpha},$$

daher

$$dh = \frac{a \cdot dx}{d \cdot \cos \alpha \left[1 + \frac{2x}{d} \operatorname{tg} \alpha\right]^5} \cdot \frac{v^2}{2g} + \frac{b \cdot dx}{\sqrt{v} \cdot d \cdot \cos \alpha \left[1 + \frac{2x}{d} \operatorname{tg} \alpha\right]^4} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

und

$$h = \frac{v^2}{2g d} \left[ a \int_0^1 \frac{dx}{\left[1 + \frac{2x}{d} \operatorname{tg} \alpha\right]^5 \cos \alpha} + \frac{b}{\sqrt{v}} \int_0^1 \frac{dx}{\left[1 + \frac{2x}{d} \operatorname{tg} \alpha\right]^4 \cos \alpha} \right] \quad (\epsilon)$$

Das erste Integral ist bereits bestimmt (in Gleichung 1); das zweite ergibt in gleicher Weise:

$$\int_0^1 \frac{dx}{\left[1 + \frac{2x}{d} \operatorname{tg} \alpha\right]^4 \cos \alpha} = \frac{d}{6 \sin \alpha} \left[1 - \left(\frac{d}{D}\right)^3\right].$$

Wir erhalten daher:

$$h = \frac{1}{2 \sin \alpha} \left[ \frac{a}{4} \left[1 - \left(\frac{d}{D}\right)^4\right] + \frac{b}{3 \sqrt{v}} \left[1 - \left(\frac{d}{D}\right)^3\right] \right] \frac{v^2}{2g} \quad (2)$$

Diese Formel gibt also den genauen Ausdruck für die Widerstandshöhe im konischen Rohre, wobei das Wort „genau“ sich allerdings nur auf die mathematische Entwicklung aus den gegebenen Prämissen, nicht aber auf die Genauigkeit der Uebereinstimmung der Formel mit den thatsächlichen Vorgängen bezieht.

Es ist vielleicht nicht ganz überflüssig, zu bemerken, dass in den Formeln  $d$  nicht nothwendigerweise den Durchmesser der Ausflussmündung und  $v$  die Ausflussgeschwindigkeit bedeuten muss. Wie aus der Entwicklung dieser Ausdrücke leicht zu entnehmen ist, bedeutet  $d$  stets den kleineren der beiden Enddurchmesser und  $v$  die im Querschnitte vom Durchmesser  $d$  herrschende Geschwindigkeit, gleichgiltig ob die Flüssigkeit durch diesen kleineren Querschnitt ein- oder austritt.

In Bezug auf die Weissbach'sche Formel 1 ist es nicht schwer nachzuweisen, dass dieselbe genau denselben Werth wie Formel 2 geben wird, wenn  $\xi$  entsprechend gewählt wird. Weissbach sagt nichts über die Wahl von  $\xi$ ; bei Benützung der Formel, so wie sie in den Handbüchern ohne weitere Begründung vorkommt, liegt es nahe, für  $\xi$  den der Geschwindigkeit  $v$  entsprechenden Werth von  $\xi$  in Rechnung zu nehmen. Die auf diese Weise erzielten Resultate sind jedoch (unter der Voraussetzung, dass die sonstigen Grundlagen der Rechnung richtig sind) zu klein, da  $v$  die grösste Geschwindigkeit im Rohre, daher nach der von Weissbach aufgestellten Beziehung

$$\xi = a + \frac{b}{\sqrt{v}}$$

der entsprechende Werth von  $\xi$  der kleinste ist. Die Formeln 1 und 2 geben gleiche Resultate, wenn  $\xi$  entsprechend einer Geschwindigkeit  $u$  gewählt wird, welche durch folgende Gleichung bestimmt ist:

$$u = \frac{9}{16} \left[ \frac{1 - \left(\frac{d}{D}\right)^4}{1 - \left(\frac{d}{D}\right)^3} \right]^2 v \quad (3)$$

Hieraus ergibt sich für

$\frac{d}{D} = 0$	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
$\frac{u}{v} = 0.5625$	0.5698	0.6102	0.6934	0.8233	1.0000

Man hätte also bei Benützung der Weissbach'schen Gleichung streng genommen  $\xi$  entsprechend einer aus der ebenangeführten Tabelle entnommenen Geschwindigkeit  $u$  zu wählen. Ich erwähne diese Umstände hier aus dem Grunde, da es mir wichtig scheint, auch bei Benützung nur angenäherter Formeln sich stets des Grades der Annäherung und der genauen Bedeutung der einzelnen Factoren vollständig bewusst zu sein. Es steht dann nichts im Wege, sich in der Praxis mit beliebigen Annäherungen zu be-

gnügen, der Weg, auf welchem man zu der betreffenden Annäherung gelangt, sollte jedoch stets vollkommen klar übersehen werden, da nur auf diese Weise Irrthümer vermieden werden können.

In der Formel 2 erscheint  $v$  in einer für die praktische Anwendung unbequemen Form, so dass z. B. die Auflösung der Gleichung nach  $v$  unmöglich ist. Einen handlicheren Ausdruck erhält man, wenn man für  $\xi$  die Darcy'sche Form wählt, nämlich:

$$\xi = m + \frac{n}{y},$$

wo  $y$  den Durchmesser des Rohres an der in Betracht gezogenen Stelle des Rohres bedeutet. Setzt man diesen Werth in Gleichung 2, so ist

$$dh = \left[ \frac{m dx}{d \cdot \cos \alpha \left[ 1 + \frac{2x}{d} \operatorname{tg} \alpha \right]^5} + \frac{n dx}{y \cdot d \cdot \cos \alpha \left[ 1 + \frac{2x}{d} \operatorname{tg} \alpha \right]^5} \right] \frac{v^2}{2g},$$

und da

$$y = d + 2x \operatorname{tg} \alpha = d \left[ 1 + \frac{2x}{d} \operatorname{tg} \alpha \right],$$

so ist

$$dh = \left[ \frac{m dx}{d \cdot \cos \alpha \left[ 1 + \frac{2x}{d} \operatorname{tg} \alpha \right]^5} + \frac{n dx}{d^2 \cos \alpha \left[ 1 + \frac{2x}{d} \operatorname{tg} \alpha \right]^5} \right] \frac{v^2}{2g}$$

und

$$h = \left[ m \int_0^1 \frac{dx}{\left[ 1 + \frac{2x}{d} \operatorname{tg} \alpha \right]^5 \cos \alpha} + \frac{n}{d} \int_0^1 \frac{dx}{\left[ 1 + \frac{2x}{d} \operatorname{tg} \alpha \right]^5 \cos \alpha} \right] \frac{v^2}{2g d}.$$

Der Werth des ersten Integrals ist bereits bekannt, das zweite Integral ergibt

$$\int_0^1 \frac{dx}{\left[ 1 + \frac{2x}{d} \operatorname{tg} \alpha \right]^5 \cos \alpha} = \frac{d}{10 \sin \alpha} \left[ 1 - \left( \frac{d}{D} \right)^5 \right].$$

Wir erhalten daher

$$h = \frac{1}{2 \sin \alpha} \left[ \frac{m}{4} \left[ 1 - \left( \frac{d}{D} \right)^4 \right] + \frac{n}{5d} \left[ 1 - \left( \frac{d}{D} \right)^5 \right] \right] \frac{v^2}{2g} \quad (4)$$

Bekanntlich ist für Meter und Sekunde

$$m = 0.01989, \quad n = 0.0005078.$$

Formel 4 dürfte in den Fällen, wo die Geschwindigkeit  $v$  zu bestimmen ist, den Vorzug vor der Formel 2 verdienen, wobei allerdings die grössere oder geringere Uebereinstimmung des Weissbach'schen oder Darcy'schen Koeffizienten mit der Erfahrung ausser Betracht gelassen wurde.

Wir können übrigens den entwickelten Gleichungen noch eine andere Form geben. Es ist nämlich

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{D-d}{2}.$$

Daher

$$\sin \alpha = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}} = \frac{D-d}{\sqrt{4D^2 + (D-d)^2}},$$

woraus nach einfacher Umformung folgt

$$\frac{1}{\sin \alpha} = \frac{\sqrt{\left( \frac{2D}{D-d} \right)^2 + \left( 1 - \frac{d}{D} \right)^2}}{1 - \frac{d}{D}} \quad (5)$$

Führen wir der Einfachheit wegen die Bezeichnungen

$$\frac{l}{D} = \lambda \quad \frac{d}{D} = \delta \quad (6)$$

ein, so erhalten wir unter Benützung von Gleichung 5 aus 1, 2, 4 folgende Formeln:

Weissbach's üblicher Ausdruck ergibt (aus Gleichung 1)

$$h = \xi \frac{1 - \delta^4}{8(1 - \delta)} \sqrt{4\lambda^2 + (1 - \delta)^2} \frac{v^2}{2g} \quad (6)$$

Die genaue nach Weissbach's Methode und mit Benützung seines Widerstands-Koeffizienten berechnete Widerstandshöhe (Gleichung 2)

$$h = \frac{\sqrt{4\lambda^2 + (1 - \delta)^2}}{2(1 - \delta)} \left[ \frac{a}{4} (1 - \delta^4) + \frac{b}{3 \sqrt{v}} (1 - \delta^3) \right] \frac{v^2}{2g} \quad (7)$$

Schliesslich die nach derselben Methode berechnete Widerstandshöhe unter Benützung von Darcy's Koeffizienten

$$h = \frac{\sqrt{4\lambda^2 + (1 - \delta)^2}}{2(1 - \delta)} \left[ \frac{m}{4} (1 - \delta^4) + \frac{n}{5d} (1 - \delta^5) \right] \frac{v^2}{2g} \quad (8)$$

Ist nicht die Geschwindigkeit  $v$ , sondern die durch den Querschnitt  $\frac{\pi d^2}{4}$  pro Sekunde strömende Flüssigkeitsmenge  $Q$  bekannt, so ist  $v = \frac{\pi d^2}{4} v$ , daher

$$v = \frac{4Q}{\pi d^2}.$$

Es ist dann Weissbach's übliche Formel

$$h = \frac{1}{\pi^2 g} \cdot \xi \frac{1 - \delta^4}{1 - \delta} \sqrt{4\lambda^2 + (1 - \delta)^2} \frac{Q^2}{d^4} = 0.010328 \xi \frac{1 - \delta^4}{1 - \delta} \sqrt{4\lambda^2 + (1 - \delta)^2} \frac{Q^2}{d^4} \quad (9)$$

Die corrigirte Formel mit Weissbach's Koeffizienten

$$h = 0.041313 \frac{\sqrt{4\lambda^2 + (1 - \delta)^2}}{1 - \delta} \left[ \frac{a}{4} (1 - \delta^4) + 0.29541 \frac{b}{\sqrt{Q}} (1 - \delta^3) \right] \frac{Q^2}{d^4} \quad (10)$$

Dieselbe Formel mit Darcy's Koeffizienten

$$h = 0.041313 \frac{\sqrt{4\lambda^2 + (1 - \delta)^2}}{1 - \delta} \left[ \frac{m}{4} (1 - \delta^4) + \frac{n}{5d} (1 - \delta^5) \right] \frac{Q^2}{d^4} \quad (11)$$

Nehmen wir beispielsweise an

$$\frac{d}{D} = \delta = 0.8, \quad \frac{l}{D} = \lambda = 10, \quad v = 1 \text{ m}, \quad d = 0.05 \text{ m},$$

so ergibt Formel 6

$$h = 0.376399 \xi.$$

Nimmt man  $\xi$  entsprechend der Geschwindigkeit  $v = 1 \text{ m}$ ,  $\xi = 0.02386$ , so wird in Meter

$$h = 0.008981.$$

Wird hingegen  $\xi$  nach Formel 3, resp. nach der beigefügten Tabelle für eine Geschwindigkeit von 0.8233 m berechnet, so ist

$$h = 0.009345$$

Formel 7 ergibt ebenfalls

$$h = 0.009345,$$

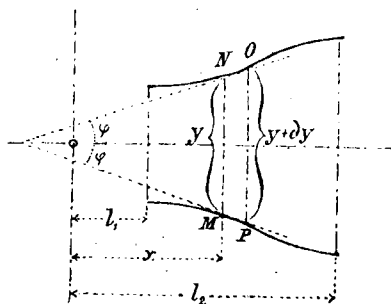
während aus Formel 8 folgt

$$h = 0.010965.$$

Versuchen wir es nun, die für ein konisches Rohr entwickelten Formeln zur annähernden Berechnung des Reibungswiderstandes in einem Rohre von allgemein

veränderlichem Querschnitt zu benützen. Dabei wollen wir annehmen, dass die Durchmesser von einem Ende des Rohres zum anderen stetig ab- oder zunehmen. In dem seltenen Ausnahmefalle, wo innerhalb der Rohrlänge ein Wechsel von Zu- und Abnahme der Durchmesser stattfindet, ist es schliesslich immer möglich, das Rohr für die Berechnung in einzelne Strecken zu theilen, die obiger Bedingung entsprechen.

Fig. 2.



Das Element  $NMOP$  (Fig. 2) eines Rohres von allgemein veränderlichem Querschnitt kann annähernd als ein konisches Rohr von der Länge  $l = dx$  und den beiden

Durchmessern  $d = NM = y$  und  $D = OP = y + dy$  betrachtet werden. Der halbe Konvergenzwinkel ist  $\varphi$ , die Geschwindigkeit im Querschnitt  $NM$  sei  $u$ . Wir gehen von der Formel 4 aus und erhalten für die Widerstandshöhe des betrachteten Rohrelementes

$$dh = \frac{1}{2 \sin \varphi} \left[ \frac{m}{4} \left( 1 - \left( \frac{y}{y+dy} \right)^4 \right) + \frac{n}{5y} \left( 1 - \left( \frac{y}{y+dy} \right)^5 \right) \right] \frac{u^2}{2g} \cdot (\eta) \quad (12)$$

Nun ist aber mit Vernachlässigung der höheren Potenzen von  $dy$  allgemein

$$1 - \left( \frac{y}{y+dy} \right)^n = \frac{(y+dy)^n - y^n}{(y+dy)^n} = \frac{n y^{n-1} dy}{y^n} = n \frac{dy}{y},$$

$$\text{also } 1 - \left( \frac{y}{y+dy} \right)^4 = 4 \frac{dy}{y} \text{ und } 1 - \left( \frac{y}{y+dy} \right)^5 = 5 \frac{dy}{y}.$$

Gleichung  $\eta$  wird also

$$dh = \frac{1}{2 \sin \varphi} \left( m + \frac{n}{y} \right) \frac{dy}{y} \cdot \frac{u^2}{2g} \quad (13)$$

Ist  $v$  die Geschwindigkeit in irgendeinem Querschnitt vom Durchmesser  $d$ , so besteht die Beziehung

$$u = \frac{d^2 v}{y^2},$$

welcher Werth in Gleichung 13 eingeführt ergibt

$$dh = \frac{1}{2 \sin \varphi} \left( m + \frac{n}{y} \right) \frac{dy}{y} \cdot \frac{d^4}{y^4} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (14)$$

Ferner besteht die Beziehung

$$dy = 2 dx \tan \varphi \quad (15)$$

woraus

$$\left. \begin{aligned} \tan \varphi &= \frac{1}{2} \frac{dy}{dx} \\ \sin \varphi &= \frac{\frac{dy}{dx}}{\sqrt{4 + \left( \frac{dy}{dx} \right)^2}} \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

Durch Einführung des Werthes  $dy$  aus  $\pi$  in Gleichung 14 erhält man nach einfacher Umformung

$$dh = \left( m + \frac{n}{y} \right) \frac{dx}{y^5 \cos \varphi} \cdot d^4 \frac{v^2}{2g},$$

woraus

$$h = d^4 \frac{v^2}{2g} \int_{l_1}^{l_2} \frac{m + \frac{n}{y}}{y^5 \cos \varphi} dx \quad (17)$$

Endlich erhält man, wenn auch noch  $\cos \varphi$  substituirt wird,

$$h = \frac{d^4}{2} \cdot \frac{v^2}{2g} \int_{l_1}^{l_2} \sqrt{4 + \left( \frac{dy}{dx} \right)^2} \left( m + \frac{n}{y} \right) \frac{dx}{y^5} \quad (18)$$

Ist nun die Form des Rohres durch  $y = f(x)$  gegeben, so ist es mit Hilfe von Gleichung 13 auch stets möglich  $h$  zu bestimmen. In der Anwendung würde jedoch die Ausführung der angedeuteten Integration schon bei einfachen Rohrformen auf Schwierigkeiten stossen und im günstigsten Falle doch nur zu komplizirten Ausdrücken führen, deren Benützung in keinem Verhältnisse zu dem erzielenden Resultate stünde. Einfacher gestaltet sich die Rechnung, wenn man die Integration graphisch ausführt. Zu diesem Zwecke eignet sich besonders Gleichung 12. Nennen wir

$$J = \int_{l_1}^{l_2} \frac{m + \frac{n}{y}}{y^5 \cos \varphi} dx \quad (19)$$

so ist

$$h = d^4 \frac{v^2}{2g} J \quad (20)$$

Setzen wir ferner

$$\frac{m + \frac{n}{y}}{y^5 \cos \varphi} = \eta \quad (21)$$

so ist  $J = \int_{l_1}^{l_2} \eta dx$  die Fläche, welche von einer leicht zu verzeichnenden Kurve und der Abszissenachse eingeschlossen wird. Um die fragliche Kurve zu verzeichnen, hat man nur für einige beliebig gewählte Punkte der Rohrachse die Grössen  $y$  und  $\cos \varphi$  direct an der Rohrzeichnung abzumessen und daraus  $\eta$  zu berechnen, was nicht schwierig ist, da nach Berechnung der Grösse  $m + \frac{n}{y}$  der ganze

Ausdruck für  $\eta$  leicht logarithmisch bestimmt werden kann. Es genügen stets wenige Punkte, um die Kurve mit genügender Genauigkeit zu verzeichnen, worauf ihre Fläche  $J$  mittelst Planimeter bestimmt werden kann.

Ein Beispiel dürfte die Methode klarer machen.

In Fig. 3, Taf. XVII, ist ein Rohr von veränderlichem Querschnitte in ein Viertel natürlicher Grösse gezeichnet. Wir wählen zunächst ausser den beiden Endquerschnitten noch die im ersten, zweiten und dritten Viertel der Länge liegenden Querschnitte, für welche wir die Grösse  $\eta$  bestimmen. Es zeigt sich aber, dass zur genaueren Verzeichnung noch zwei Ordinaten (im ersten und zweiten Viertel) berechnet werden müssen. — Wir haben also sieben Querschnitte: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, in welchen wir die Durchmesser  $y$  messen und die Grösse  $\cos \varphi$  ebenfalls direct entnehmen. Indem wir uns noch erinnern, dass  $m = 0.01989$ ,  $n = 0.0005078$ , wenn alle Maasse in Meter gegeben sind, erhalten wir folgende Zusammenstellung:

Querschnitt	$y$	$\cos \varphi$	$m + \frac{n}{y}$	$\eta$
0	0.120	1.000	0.02412	969.33
1	0.128	0.988	0.02386	702.85
2	0.150	0.955	0.02328	321.01
3	0.194	0.885	0.02251	92.56
4	0.255	0.870	0.02188	23.33
5	0.335	0.970	0.02141	5.23
6	0.360	1.000	0.02130	3.52

Wir verzeichnen nun die Kurve  $ab$  (Fig. 3), indem wir in den entsprechenden Querschnitten 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 die Ordinaten  $\eta$  errichten, wobei uns eine beliebig gewählte Gerade  $EF$  als Abszissenachse dient. Der Maassstab für  $\eta$  ist gleichgiltig, nur muss derselbe natürlich bei Bezifferung der Fläche  $J$  berücksichtigt werden. Um die Kurve noch bequemer verzeichnen zu können, wählen wir für  $\eta$  als Einheit ein Sechstelmillimeter, so dass z. B.  $\eta$  für den Querschnitt 0 durch  $\frac{1}{6} \times 969.33 = 161.55 \text{ mm}$  repräsentirt wird. Mit Hilfe eines Planimeters finden wir für die Fläche  $EabF$  eine „mittlere Höhe“ von  $38.6 \text{ mm}$ , was nach dem gewählten Maassstabe einer „mittleren Ordinate“  $\eta_0 = 6 \times 38.6 = 201.9$  entspricht. Die gesuchte Fläche ist demnach  $J = \eta_0 \times EF$ , oder da  $EF = 0.4 \text{ m}$

$$J = 201.9 \times 0.4 = 80.76.$$

Wenn die Durchmesser des Rohres sehr verschieden sind, bewegen sich auch die Werthe von  $\eta$  in weiten Grenzen, wie es auch in unserem Beispiele der Fall ist. Es ist dann oft bequemer, die Kurve in zwei Theilen, nach zwei verschiedenen Maassstäben zu zeichnen und zu planimetrieren. Wählt man z. B. für die Strecke  $EG$  als Einheit für  $\eta$  ein Achtelmillimeter, so erhält man die Kurve  $cd$ . Ihre mittlere Höhe ist  $64.25 \text{ mm}$ , also die mittlere Ordinate  $\eta_0 = 8 \times 64.25 = 514$ , und die Fläche  $EcdG$  (da  $EG = 0.15 \text{ m}$ )  $J_1 = \eta_0 \times EG = 514 \times 0.15 = 77.10$ . Für die Strecke  $GF$  wählen wir als Einheit einen halben Millimeter und erhalten die deutlichere Kurve  $ef$ , deren mittlere Höhe  $7.9 \text{ mm}$ , und daher die mittlere Ordinate  $\eta_0 = 2 \times 7.9 = 15.8$  ist. Die Fläche  $GefF$  ist  $J_2 = 15.8 \times 0.25 = 3.95$ . Es ist daher

$$J = J_1 + J_2 = 77.10 + 3.95 = 81.05.$$

Die kleine Abweichung gegen den früher gefundenen Werth ist durch Ungenauigkeiten der Zeichnung leicht erklärlich und übrigens ohne Bedeutung. Wir nehmen  $J = 81$  und haben daher

$$h = 81 \cdot d^4 \frac{v^2}{2g}.$$

Ist nun  $v$  die im Querschnitte  $AB$  herrschende Geschwindigkeit, so ist  $d = 0.12 \text{ m}$ ,  $d^4 = 0.00020736$  und

$$h = 0.0168 \frac{v^2}{2g},$$

d. h. in diesem Falle würde die Widerstandshöhe 1.63 % der Geschwindigkeitshöhe betragen, welche der im Querschnitte  $AB$  herrschenden Geschwindigkeit entspricht.

Wäre das Rohr einfach konisch von derselben Länge und mit denselben Enddurchmessern, so wäre die Widerstandshöhe nach Gleichung 8

$$h = 0.0100 \frac{v^2}{2g},$$

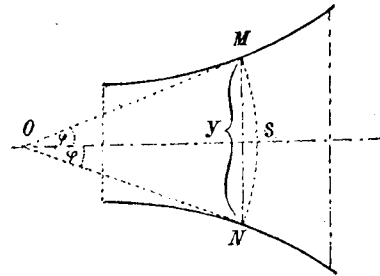
also beträchtlich kleiner.

Wir haben bisher stillschweigend angenommen, dass sich sämtliche Wassertheilchen parallel zur Rohrachse bewegen. Bei einem Rohre von variablem Querschnitt ist das nun keineswegs der Fall, und wir wollen noch untersuchen, welchen Einfluss die Berücksichtigung dieses Umstandes auf die Berechnung der Widerstandshöhe hat.

Die genaue Form der einzelnen Wasserbahnen kennen wir nicht, wollen aber mit Grashof als genügende An-

näherung annehmen, dass die Bahnen eine Kugelkalotte  $MSN$  (Fig. 4) normal durchschneiden. Der Mittelpunkt  $O$  der zugehörigen Kugel ist der Scheitel eines Kegels, der die

Fig. 4.



Rohrwand im Normalquerschnitte  $MN$  tangirt. Ist nun wieder wie früher  $\varphi$  der halbe Scheitelwinkel dieses Kegels (oder der halbe Konvergenzwinkel des Rohres in  $MN$ ),  $y = MN$  der Durchmesser des Rohres, so ist der Halbmesser der Kalotte

$$OM = R = \frac{y}{2 \sin \varphi}$$

und die Höhe derselben

$$mS = c = R(1 - \cos \varphi) = \frac{y(1 - \cos \varphi)}{2 \sin \varphi}.$$

Es ist also die Oberfläche der Kalotte

$$F = 2\pi R c = \frac{2\pi y}{2 \sin \varphi} \cdot \frac{y(1 - \cos \varphi)}{2 \sin \varphi} = \pi y^2 \left( \frac{1 - \cos \varphi}{2 \sin^2 \varphi} \right) \quad (16)$$

oder

$$F = \frac{\pi y^2}{2(1 + \cos \varphi)} \quad (17)$$

Die Pressung und die Geschwindigkeit ist nicht in allen Punkten der Kalotte dieselbe, doch wollen wir von den geringen Geschwindigkeitsunterschieden absehen und annehmen, die Geschwindigkeit sei in der ganzen Ausdehnung der Kalotte gleich, u. zw.  $U$ . Es ist dies dann auch die Geschwindigkeit, mit welcher sich die Wassertheilchen der Rohrwand entlang bewegen.

Die pro Sekunde durch den Querschnitt  $MSN$  strömende Wassermenge ist

$$Q = FU = \frac{\pi y^2}{2(1 + \cos \varphi)} U \quad (18)$$

Für irgendeinen anderen Querschnitt vom Durchmesser  $d$  und den halben Konvergenzwinkel  $\alpha$  ist bei einer in diesem Querschnitte herrschenden Geschwindigkeit  $V$

$$Q = \frac{\pi d^2}{2(1 + \cos \alpha)} V \quad (19)$$

Aus den Gleichungen 18 und 19 folgt

$$U = \frac{1 + \cos \varphi}{1 + \cos \alpha} \frac{d^2}{y^2} V \quad (20)$$

Für ein Rohrelement von der Wandlänge  $ds$  ist das Element der Widerstandshöhe

$$dh = \left( m + \frac{n}{y} \right) \frac{ds}{y} \cdot \frac{U^2}{2g} = \left( m + \frac{n}{y} \right) \frac{ds}{y} \left( \frac{1 + \cos \varphi}{1 + \cos \alpha} \right)^2 \frac{d^4}{y^4} \frac{V^2}{2g}.$$

Führen wir in diesen Ausdruck noch den Werth  $ds = \frac{dx}{\cos \varphi}$  ein, und integrieren wir, so wird

$$h = \frac{d^4}{(1 + \cos \alpha)^2} \frac{V^2}{2g} \int_{\eta_1}^{\eta_2} \left( m + \frac{n}{y} \right) \frac{(1 + \cos \varphi)^2}{\cos \varphi} \frac{dx}{y^5} \quad (21)$$

Es ist klar, dass der Werth des Integrales in derselben Weise bestimmt werden kann, wie wir den Werth des Integrales (Gleichung 14) bestimmt haben. Die Ordinaten der zu verzeichnenden Kurve sind hier

$$\eta = \frac{\left( m + \frac{n}{y} \right) (1 + \cos \varphi)^2}{y^5 \cos \varphi} \quad (22)$$



Der Ausdruck ist auch hier von einer solchen Form, dass die Berechnung desselben mit Hilfe von Logarithmentabellen leicht erfolgen kann. Die abzumessenden Grössen sind dieselben wie früher  $y$  und  $\cos \varphi$ .

In folgender Tabelle sind die Werthe von  $\frac{(1 + \cos \varphi)^2}{\cos \varphi}$  für verschiedene Werthe von  $\cos \varphi$  berechnet. Gleichzeitig ist der Werth des Ausdruckes  $\frac{1}{(1 + \cos \alpha)^2}$  für dieselben Werthe von  $\cos \alpha$  angegeben.

$\cos \varphi$ , resp. $\cos \alpha$	$\frac{(1 + \cos \varphi)^2}{\cos \varphi}$	$\log \frac{(1 + \cos \varphi)^2}{\cos \varphi}$	$\frac{1}{(1 + \cos \alpha)^2}$
1.00	4.00000	0.6020600	0.25000
0.98	4.00041	0.6021043	0.25508
0.95	4.00263	0.6023456	0.26299
0.90	4.01111	0.6032647	0.27701
0.85	4.02647	0.6049245	0.29219
0.80	4.05000	0.6074550	0.30864
0.70	4.12857	0.6157998	0.34603
0.60	4.26667	0.6300887	0.39063
0.50	4.50000	0.6532125	0.44444
0.40	4.90000	0.6901961	0.51020
0.30	5.63330	0.7507655	0.59172
0.20	7.20000	0.8573325	0.69444
0.10	12.10000	1.0827854	0.82645
0.00	$\infty$	$\infty$	1.00000

Aus dieser Tabelle ist ersichtlich, dass so lange  $\cos \varphi > 0.7$ , also so lange etwa  $\varphi < 45^\circ$  (was ohnedies meist der Fall sein wird), annähernd genug für alle Fälle gesetzt werden kann

$$\frac{(1 + \cos \varphi)^2}{\cos \varphi} = 4$$

und daher für alle Rohre, deren Konvergenzwinkel  $2\varphi$  nirgends grösser ist, als ein rechter:

$$h = \frac{4d^4}{(1 + \cos \alpha)^2} \cdot \frac{V^2}{2g} \int_{y_1}^{y_2} \left( m + \frac{n}{y} \right) \frac{dx}{y^5} \quad (21a)$$

Die graphische Integration erfolgt mittelst einer Kurve, deren Ordinaten sind

$$\eta = \frac{m + \frac{n}{y}}{y^5} \quad (22a)$$

Wir wählen als Beispiel dasselbe Rohr, für welches wir früher die Widerstandshöhe berechnet haben.

Um die Werthe der obenangeführten Tabelle benutzen zu können, suchen wir (Fig. 5, Taf. XVII) solche Querschnitte im Rohre auf, für welche der Kosinus des halben Konvergenzwinkels die Werthe 1, 0.98, 0.95, 0.90, 0.85 hat, was mit Hilfe der rechts an die Hauptfigur angeschlossenen Nebenfigur leicht auszuführen ist.

Wir erhalten folgende Werthe:

Querschnitt	$y$	$\cos \varphi$	$m + \frac{n}{y}$	$\eta$
0	0.120	1.00	0.02412	3877.32
1	0.133	0.98	0.02371	2279.18
2	0.152	0.95	0.02323	1145.98
3	0.184	0.90	0.02265	430.77
4	0.216	0.85	0.02224	190.46
5	0.282	0.90	0.02169	48.78
6	0.322	0.95	0.02147	24.83
7	0.345	0.98	0.02136	17.48
8	0.360	1.00	0.02130	14.09

Wir wählen hier wieder zwei verschiedene Maassstäbe zur Verzeichnung der Kurve. Den ersten Kurvenzweig  $a b$  (Querschnitt 0—5) verzeichnen wir\*) mit einem Vierzigstel-millimeter als Einheit, für den zweiten Kurvenzweig  $c d$  (Querschnitt 4—8) dient ein halber Millimeter als Einheit. Wir benützen den ersten Kurvenzweig für die linke Rohrhälfte, also in der Ausdehnung  $a \beta$ , den zweiten für die rechte Hälfte, also den Kurventheil  $\gamma d$ . Durch Planimetrierung ergibt sich die mittlere Höhe des ersten Kurvenzweiges  $= 34.9 \text{ mm}$ , also die mittlere Ordinate  $\eta_0 = 40 \times 34.9 = 1396$ , und die Fläche  $Ea\beta G = J_1 = \eta_0 \times \overline{EG} = 1396 \times 0.2 = 279.2$ . Für den zweiten Kurvenzweig ist die mittlere Höhe und zugleich mittlere Ordinate  $\eta_0 = 12.45$ , daher die Fläche  $G\gamma d F = J_2 = \eta_0 \times \overline{GF} = 24.9 \times 0.2 = 4.98$ . Es ist also

$$J = J_1 + J_2 = 279.20 + 4.98 = 284.18.$$

Wenn nun wieder  $V$  die im Querschnitte  $AB$ , dessen Durchmesser  $d = 0.12 \text{ m}$  ist, herrschende Geschwindigkeit bedeutet, so ist  $d^4 = 0.00020736$ ,  $\cos \alpha = 1$  daher

$$h = \frac{d^4}{(1 + \cos \alpha)^2} \cdot \frac{V^2}{2g} = \frac{0.00020736}{4} \times 284.18 \frac{V^2}{2g}$$

oder

$$h = 0.01473 \frac{V^2}{2g}.$$

Dieser Werth ist kleiner, als der früher gefundene, was sich dadurch erklärt, dass bei gleicher Geschwindigkeit im Querschnitte  $AB$  die mit Berücksichtigung der Bahnkrümmung berechneten Geschwindigkeiten in jenen Theilen des Rohres, deren Konvergenzwinkel von 0 abweicht, kleiner sein müssen, als die unter der Annahme berechneten, dass sämtliche Bahnen der Wassertheilchen der Rohrachse parallel sind.

Die Rechnung nach der annähernden Gleichung 21a würde sich folgendermaassen gestalten.

Für dieselben Werthe von  $y$  wie oben erhält man

im Querschnitt: 0 1 2 3 4 5 6 7 8  
 $\eta = 969.33 \ 569.74 \ 286.32 \ 107.39 \ 47.30 \ 12.16 \ 6.20 \ 4.37 \ 3.52$

Wir haben dabei dieselben Querschnitte belassen, wie sie früher mit Rücksicht auf bestimmte Werthe von  $\cos \varphi$  gewählt wurden.

Zeichnet man nun den linken Kurventheil mit einem Zehntelmillimeter, den rechten mit zwei Millimetern als Einheit, d. h. im doppelten Maassstabe der früher gewählten Grösse, so decken sich die neuen Kurven mit  $a b$  und  $c d$ . Die mittleren Ordinaten sind dann  $34.9 \times 10 = 349.000$  und  $12.45 \times \frac{1}{2} = 6.225$ , daher

$$J = [349.000 + 6.225] \cdot 0.2 = 71.045$$

und nach Gleichung 21a für  $d = 0.12$ ,  $\cos \alpha = 1$ ,

$$h = \frac{4 \times 0.00020736}{4} \times 71.045 \frac{V^2}{2g} = 0.01473 \frac{V^2}{2g}$$

wie früher.

Die Genauigkeit, die mit Gleichung 21a zu erzielen ist, liegt vollständig innerhalb der durch diese graphische Integrationsmethode überhaupt erreichbaren Schärfe, und man wird daher in allen Fällen, wo  $\varphi < 45^\circ$ , unbedingt

\*) Es ist kaum nöthig, zu erwähnen, dass in allen Fällen die Kurve für jene Stellen des Rohres, deren Konvergenzwinkel  $= 0$  ist, eine mit der Abszissenachse parallele Tangente (einen Scheitel) besitzt.

Gleichung 21a an Stelle der vollständigen Formel 21 benutzen.

Aus den eben durchgeführten Rechnungen geht hervor, dass die Berücksichtigung der Bahnkrümmung keinerlei Schwierigkeiten bietet, da selbst die Rechnung mit der genauen Gleichung 21 nicht wesentlich schwieriger ist, als mit Gleichung 12, während die in den weitaus häufigsten Fällen der Praxis vollkommen genügend genaue Formel 21a sogar einfacher ist, als die mit Vernachlässigung der Bahnkrümmung berechnete Gleichung 12.

Grashof \*) gibt für die Berechnung der Widerstandshöhe in einem Rohre von veränderlichem Querschnitt, wenn die Konvergenzwinkel des Rohres genügend klein sind, so dass der Einfluss der Bahnkrümmungen vernachlässigt werden kann, eine Formel, die nach unserer Bezeichnungsweise lautet:

$$h = \xi \cdot d^4 \frac{v^2}{2g} \int_1^2 \frac{ds}{y^5} = \xi \cdot d^4 \frac{v^2}{2g} \int_1^2 \frac{dx}{y^5 \cos \varphi} \quad (23)$$

Hierin ist  $\xi$  der Widerstands-Koeffizient, welchen Grashof innerhalb der Ausdehnung des Rohres als konstant ansieht. Im Allgemeinen setzt Grashof für einen Durchmesser  $y$  und eine Geschwindigkeit  $u$  nach Hagen

$$\xi = A + \frac{B}{uy} \quad (24)$$

Die Berücksichtigung der Veränderlichkeit von  $\xi$  würde in dieser Form allerdings zu komplizierteren Rechnungen führen, als sich durch den zu erreichenden Zweck rechtfertigen lässt. \*\*) Grashof denkt sich daher für  $\xi$  einen konstanten Mittelwerth eingeführt, dessen Wahl allerdings dem Gefühle überlassen bleibt.

Die Integration ist übrigens in Grashof's Formel für andere als einfach konische Rohre allgemein ebenso wenig praktisch durchführbar, wie bei den früheren Formeln. Man wird auch hier zur graphischen Integration Zuflucht nehmen, die in ganz derselben Weise, wie in den oben durchgerechneten Beispielen ausgeführt wird. Die Ordinaten der die Integralfäche begrenzenden Kurve sind durch die Gleichung

$$\eta = \frac{1}{y^5 \cos \varphi} \quad (25)$$

gegeben.

$$h = \frac{d^4}{(1 + \cos \alpha)^2} \left[ A \int_1^2 \frac{(1 + \cos \varphi)^2}{y^5 \cos \varphi} dx + \frac{(1 + \cos \alpha) B}{d^2 V} \int_1^2 \frac{1 + \cos \varphi}{y^4 \cos \varphi} dx \right] \frac{V^2}{2g} \quad (26)$$

Als Beispiel berechnen wir auch nach Grashof's Formel die Widerstandshöhe für das von uns gewählte Rohr. Der Einfachheit wegen behalten wir die in Fig. 5 markierten Querschnitte bei. Es ist dann für dieselben Werthe von  $y$  und  $\cos \varphi$ , wie sie früher bestimmt wurden

im Querschnitt:	0	1	2	3	4
$\eta =$	40186.77	24519.74	12973.54	5268.28	2502.14
	5	6	7	8	
	623.04	304.08	208.77	165.38	

\*) Maschinenlehre I. 525.

\*\*) Siehe unten Gleichung 26.

Die entsprechende Kurve  $mn$  ist in Fig. 5 mit  $\frac{1}{300}$  Millimeter als Einheit für die Ordinaten eingetragen. Die Planimetrierung ergibt also eine mittlere Ordinate  $\eta_0 = 300 \times 28.7 = 8610$ .

Es ist daher  $J = \int \frac{dx}{y^5 \cos \varphi} = \eta_0 \times EF = 8610 \times 0.4 = 344$  und

$$h = \xi \cdot d^4 \cdot 344 \frac{v^2}{2g}$$

oder, wenn  $v$  die Geschwindigkeit im Querschnitt  $AB$  ist, also  $d = 0.12$  und  $d^4 = 0.00020736$ :

$$h = 0.71415 \xi \frac{v^2}{2g}$$

Hier ist nun allerdings  $\xi$  auch von der Geschwindigkeit abhängig, und lässt sich daher nur dann beziffern, wenn die Geschwindigkeitsverhältnisse gegeben sind.

Im Allgemeinen ist

$$A = 0.023577 \quad B = 0.00011519 - 0.000004191 t + 0.0000009229 t^2,$$

wo  $t$  die Temperatur des Wassers ist.

Nehmen wir an, die Geschwindigkeit  $v$  (für den Durchmesser  $d = 0.12$ ) sei  $3 m$ , so ist (bei einer Temperatur von  $t = 10^\circ$ ) für den Querschnitt  $AB$   $\xi_1 = 0.023806$ .

Da  $D = 0.36$ , so ist die Geschwindigkeit im Querschnitt  $CD$   $\frac{1}{3} m$  und der Widerstands-Koeffizient daselbst  $\xi_2 = 0.024265$ .

Der in die Rechnung einzuführende „Mittelwerth“  $\xi$  wird zwischen diesen Werthen liegen. Nehmen wir daher in Ermangelung eines bestimmteren Anhaltspunktes  $\xi = 0.024$ , so ist

$$h = 0.71415 \times 0.024 \frac{v^2}{2g} = 0.01714 \frac{v^2}{2g}$$

oder da für  $v = 3$ ,  $\frac{v^2}{2g} = 0.45872$

$$h = 0.00786 m$$

Gleichung 21, resp. 21a ergab  $h = 0.01473 \frac{v^2}{2g}$ , oder für  $v = 3 m$   $h = 0.01473 \times 0.45872 = 0.00676 m$ .

Würde man mit dem Hagen'schen Koeffizienten  $\xi = A + \frac{B}{uy}$  die genaue Formel für  $h$  auf dieselbe Weise entwickeln, wie Gleichung 21 mit dem Darcy'schen Koeffizienten entwickelt wurde, so würde die resultierende Formel folgende Gestalt annehmen:

oder für Rohre, in welchen der ganze Konvergenzwinkel  $90^\circ$  nicht überschreitet, und wo, wie früher gezeigt, für

$\frac{(1 + \cos \varphi)^2}{\cos \varphi}$  annähernd 4 gesetzt werden kann:

$$h = \frac{d^4}{(1 + \cos \alpha)^2} \left[ 4 A \int_1^2 \frac{dx}{y^5} + \frac{(1 + \cos \alpha) B}{d^2 V} \int_1^2 \frac{1 + \cos \varphi}{y^4 \cos \varphi} dx \right] \frac{V^2}{2g} \quad (26a)$$

Die beiden Integrale können wieder graphisch berechnet werden. Führt man die Rechnung für unser Beispiel durch, u. zw. für  $d = 0.12$ ,  $\alpha = 0$  und eine Temperatur  $t = 10^\circ$ , so ist

$$h = \left[ 0.016485 + \frac{0.0013706}{V} \right] \frac{V^2}{2g}$$

und für  $V = 3 \text{ m}$

$$h = 0.01694 \frac{V^2}{2g} = 0.00777 \text{ m,}$$

also ein etwas geringerer Werth als aus der angenäherten Grashof'schen Formel 24 bei Annahme von  $\xi = 0.024$ .

Obzwar die Rechnung mit Formel 26, resp. 26a nicht ganz so umständlich ist, als es den Anschein hat, so dürfte ihr doch in der Praxis Formel 21, resp. 21a oder Grashof's Formel 23 vorzuziehen sein. Abgesehen von dem grösseren oder geringeren Werthe des Hagen'schen oder Darcy'schen Koeffizienten ist Gleichung 21a insofern vorzuziehen, als sie bei einer geringeren Anzahl annähernder Annahmen nicht komplizierter ist, als Gleichung 24.

Wir wollen nun noch in Gleichung 21, 23 und 26

$$h = 0.00516 \frac{(1 + \cos \alpha)^2}{\sin \alpha} \left[ \frac{A}{2} \left( 1 - \left( \frac{d}{D} \right)^4 \right) + 1.047197 \frac{B d}{(1 + \cos \alpha) Q} \right] 1 - \left( \frac{d}{D} \right)^3 \Big] Q^2 \dots \dots \dots (33)$$

anstatt der Geschwindigkeit die pro Sekunde durch das Rohr strömende Wassermenge  $Q$  einführen. Für Gleichung 21 und 26, wo die Krümmung der Bahnen der Wassertheilchen in Betracht gezogen ist, hat man nach Gleichung 19

$$V = \frac{2(1 + \cos \alpha)}{\pi d^2} Q.$$

Für Gleichung 24, bei welcher von der Bahnkrümmung abgesehen wurde, ist

$$v = \frac{4}{\pi d^2} Q$$

Es ist daher die genaue, mit Berücksichtigung der Bahnkrümmung und unter Benützung des Darcy'schen Widerstands-Koeffizienten berechnete Formel (rel. 21)

$$h = 0.02066 Q^2 \int_1^{l_2} \frac{\left( m + \frac{n}{y} \right) (1 + \cos \varphi)^2}{y^5 \cos \varphi} dx \dots \dots \dots (27)$$

oder für Rohre, wo  $\varphi < 45^\circ$  (rel. 21a)

$$h = 0.08263 Q^2 \int_1^{l_2} \frac{\left( m + \frac{n}{y} \right)}{y^5} dx \dots \dots \dots (27a)$$

Derselbe Werth mit Benützung des Hagen'schen Widerstands-Koeffizienten (rel. 26)

$$h = 0.02066 Q^2 \left[ A \int_1^{l_2} \frac{(1 + \cos \varphi)^2}{y^5 \cos \varphi} dx + 1.570796 \frac{B}{Q} \int_1^{l_2} \frac{1 + \cos \varphi}{y^4 \cos \varphi} dx \right] \dots \dots \dots (28)$$

und für Rohre, wo  $\varphi < 45^\circ$

$$h = 0.02066 Q^2 \left[ 4A \int_1^{l_2} \frac{dx}{y^5} + 1.570796 \frac{B}{Q} \int_1^{l_2} \frac{1 + \cos \varphi}{y^4 \cos \varphi} dx \right] \dots \dots \dots (28a)$$

Schiesslich ergibt die angenäherte Grashof'sche Formel 23

$$h = \frac{16}{\pi^2} \cdot \xi \cdot \frac{Q^2}{2g} \int_1^{l_2} \frac{dx}{y^5 \cos \varphi} = 0.08263 \xi Q^2 \int_1^{l_2} \frac{dx}{y^5 \cos \varphi} \dots \dots \dots (29)$$

wo  $\xi$  einen Mittelwerth des Hagen'schen Koeffizienten bedeutet.

Zu praktischen Rechnungen empfehlen sich die Formeln 27a und 29.

Für ein einfach konisches Rohr folgt aus Gleichung 21, wenn darin gesetzt wird

$$\varphi = \alpha = \text{Const.}, y = 2x \tan \alpha, l_1 = \frac{d}{2 \tan \alpha}, l_2 = \frac{D}{2 \tan \alpha} :$$

$$h = \frac{1}{2 \sin \alpha} \left[ \frac{m}{4} \left( 1 - \left( \frac{d}{D} \right)^4 \right) + \frac{n}{5d} \left( 1 - \left( \frac{d}{D} \right)^5 \right) \right] \frac{V^2}{2g} \dots \dots \dots (30)$$

und ebenso aus Gleichung 27

$$h = 0.01033 \frac{(1 + \cos \alpha)^2}{\sin \alpha} \left[ \frac{m}{4} \left( 1 - \left( \frac{d}{D} \right)^4 \right) + \frac{n}{5d} \left( 1 - \left( \frac{d}{D} \right)^5 \right) \right] Q^2 \dots \dots \dots (31)$$

Unter der gleichen Voraussetzung folgt aus Gleichung 26 und 28

$$h = \frac{1}{2 \sin \alpha} \left[ \frac{A}{4} \left( 1 - \left( \frac{d}{D} \right)^4 \right) + \frac{B}{3dV} \left( 1 - \left( \frac{d}{D} \right)^3 \right) \right] \frac{V^2}{2g} \dots \dots \dots (32)$$

Gleichung 23 gibt

$$h = \frac{1}{8 \sin \alpha} \xi \left[ 1 - \left( \frac{d}{D} \right)^4 \right] \frac{v^2}{2g} = 0.01033 \frac{\xi}{d^4 \sin \alpha} \left[ 1 - \left( \frac{d}{D} \right)^4 \right] Q^2 \dots \dots \dots (34)$$

also einen mit der Weissbach'schen Formel 1 identischen Ausdruck, was auch richtig ist, da Grashof ausdrücklich die (annähernde) Annahme macht, der Hagen'schen Widerstands-Koeffizient könne für ein konisches Rohr von geringer Konvergenz als konstant angesehen werden.

Es ist hier vielleicht auch der Ort, etwas über die Geschwindigkeiten  $v$  und  $V$  zu sagen. Vergleicht man Gleichung 3 mit Gleichung 30, so findet man, dass der einzige Unterschied darin besteht, dass  $V$  die Stelle von  $v$  einnimmt. Nun ist  $v$  eine ideale, der Rohrachse parallel gedachte Durchschnittsgeschwindigkeit;  $V$  ist zwar ebenfalls nicht genau die wirkliche Geschwindigkeit, mit welcher sich die Wassertheilchen den Rohrwänden entlang bewegen, es ist aber eine dem wirklichen Werthe bedeutend näher kommende Grösse. Will man nun die mit Rücksicht auf die Bahnkrümmung berechneten Formeln, in welchen  $V$  vorkommt benützen, so muss selbstverständlich auch der entsprechende richtige Werth für  $V$  eingeführt werden. Handelt es sich um einen Versuch, bei welchem also die Geschwindigkeit meist aus der durchströmenden Wassermenge  $Q$  bestimmt wird, so benützt man entweder direkt die Gleichungen, in welchen  $V$  durch  $Q$  ersetzt ist (27, 28), oder man berechnet  $V$  aus Gleichung 19.

Ist jedoch  $V$  aus den gegebenen Druckhöhen etc. theoretisch zu bestimmen, so hat man dabei auf die in dem gekrümmten Rohrquerschnitt herrschenden Druckverhältnisse Rücksicht zu nehmen.

In Querschnitten, wo der Winkel  $\varphi = 0$  ist, ist  $V = v$ , wie dies z. B. in dem von uns gewählten Beispiele in dem Endquerschnitt  $AB$  der Fall war.

Es mögen mir nun noch einige Bemerkungen über den Zweck dieser Arbeit gestattet sein. Es könnte nämlich gegen vorstehende Rechnungen der Einwand erhoben werden, dass Rohre von variablen Querschnitt in der Praxis nur selten vorkommen und dann auch nur in geringen Längen, so dass

man sich immer mit einer ziemlich rohen Annäherung bei Berechnung der durch dieselben verursachten Reibungswiderstände begnügen kann.

Dagegen ist zu bemerken, dass es Aufgabe der Theorie eines praktischen Faches ist, dem Praktiker solche zur direkten Benützung geeignete Formeln zu bieten, die einerseits keine verwickelteren Rechnungen erfordern, als mit dem zu erreichenden Zwecke vereinbar ist, andererseits aber sich nach Maassgabe des augenblicklichen Standes der Wissenschaft den wirklichen Vorgängen so genau als möglich anschliessen, wobei es dem Praktiker stets noch frei stehen soll, sich auch mit einem geringeren Grade der Annäherung zu begnügen.

Von diesem Standpunkte ausgehend, habe ich zuerst für konische Rohre gezeigt, welche angenäherten Annahmen der üblichen Weissbach'schen Formel zu Grunde liegen, und welche Gestalt die fragliche Formel annimmt, wenn die Annahme der Unveränderlichkeit des Widerstands-Koeffizienten fallen gelassen wird. Hierauf habe ich unter denselben Bedingungen eine handlichere Formel mit Benützung des Darcy'schen Koeffizienten entwickelt und auf Grund derselben die Rechnung auch für beliebige Rohrformen durchgeführt. Einen Schritt weitergehend habe ich auch noch auf die Krümmung der Bahnen der einzelnen

Wassertheilchen Rücksicht genommen und die diesbezügliche genaue Formel angegeben. Schliesslich habe ich noch Grashof's Formel angeführt und den Ausdruck entwickelt, zu welchem man gelangt, wenn man von den vereinfachenden Annäherungen Grashof's absieht.

Allerdings bin ich mir wohl bewusst, dass auch die genaueste Formel insofern unsicher ist, als wir im Allgemeinen nicht berechtigt sind (wie schon Grashof bemerkt), die bisher nur auf Grund von Versuchen mit cylindrischen Rohren empirisch bestimmten Widerstands-Koeffizienten auch bei Berechnung des Widerstandes in Rohren von variablem Querschnitt zu Grunde zu legen. Aber einerseits ist die Berechtigung einer solchen Verallgemeinerung denn doch wahrscheinlich genug, um die auf ihrer Grundlage berechneten Formeln als praktisch verwendbar ansehen zu können, andererseits bieten eben diese Formeln Gelegenheit, durch Vergleich ihrer Ergebnisse mit den Resultaten auszuführender Versuche die Zulässigkeit der gemachten Annahme zu bestätigen, oder — im entgegengesetzten Falle — neue empirische Koeffizienten zu bestimmen.

Dies waren die Gesichtspunkte, welche mich veranlassten, gegenwärtige, ursprünglich nur zu meiner Orientirung vorgenommene Untersuchungen weiteren technischen Kreisen vorzulegen.



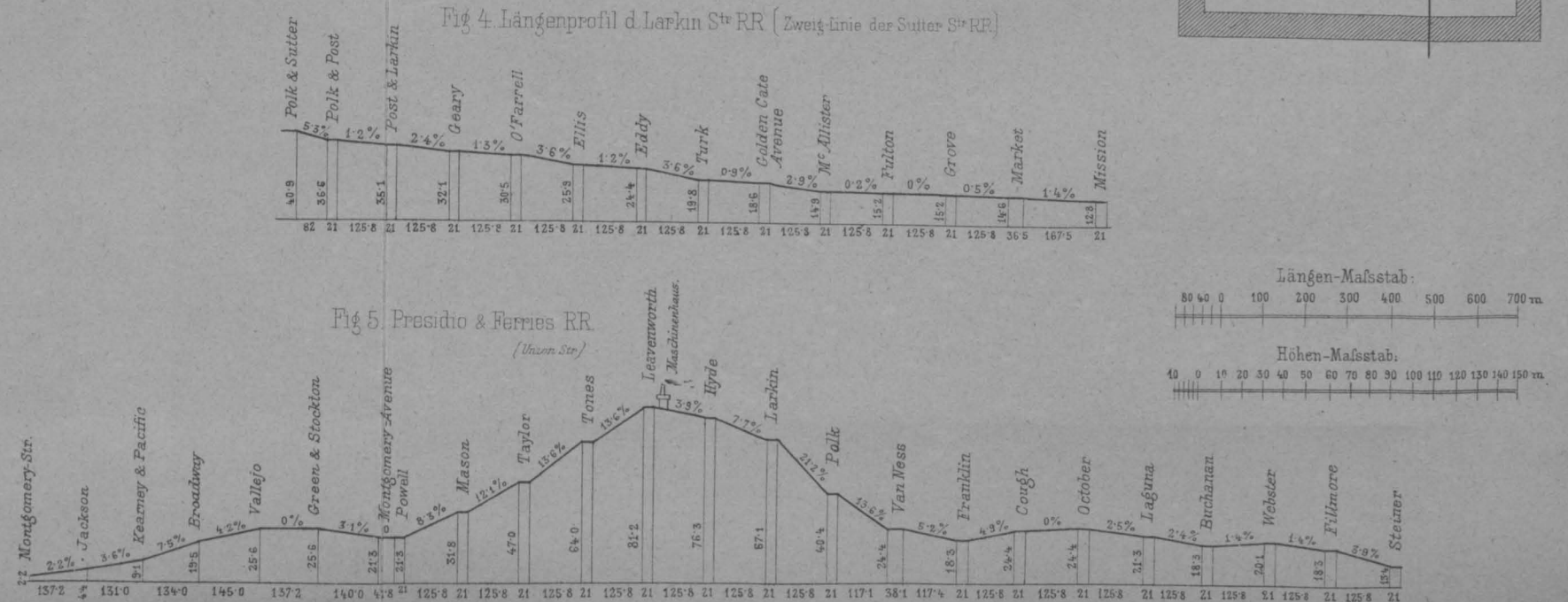
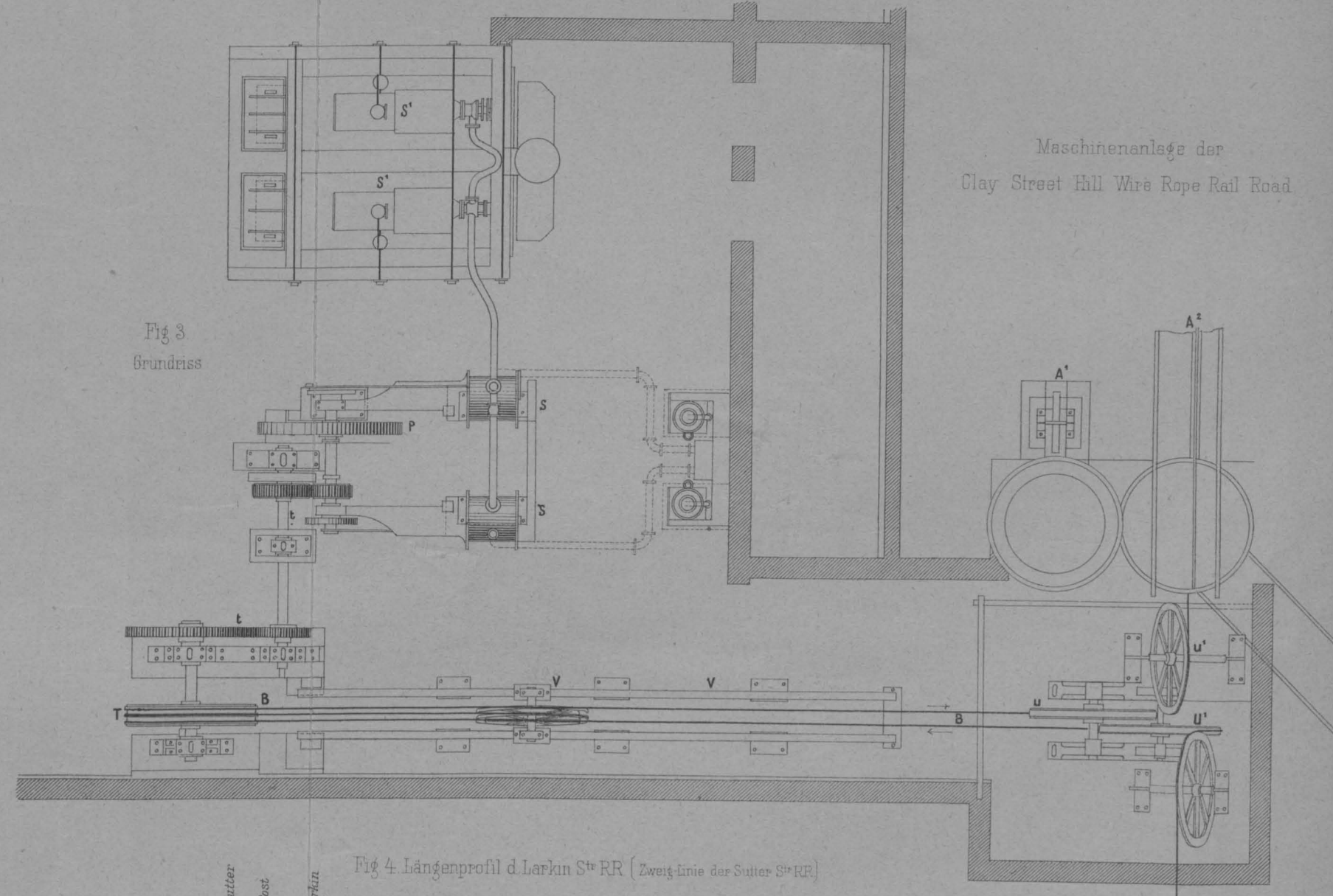
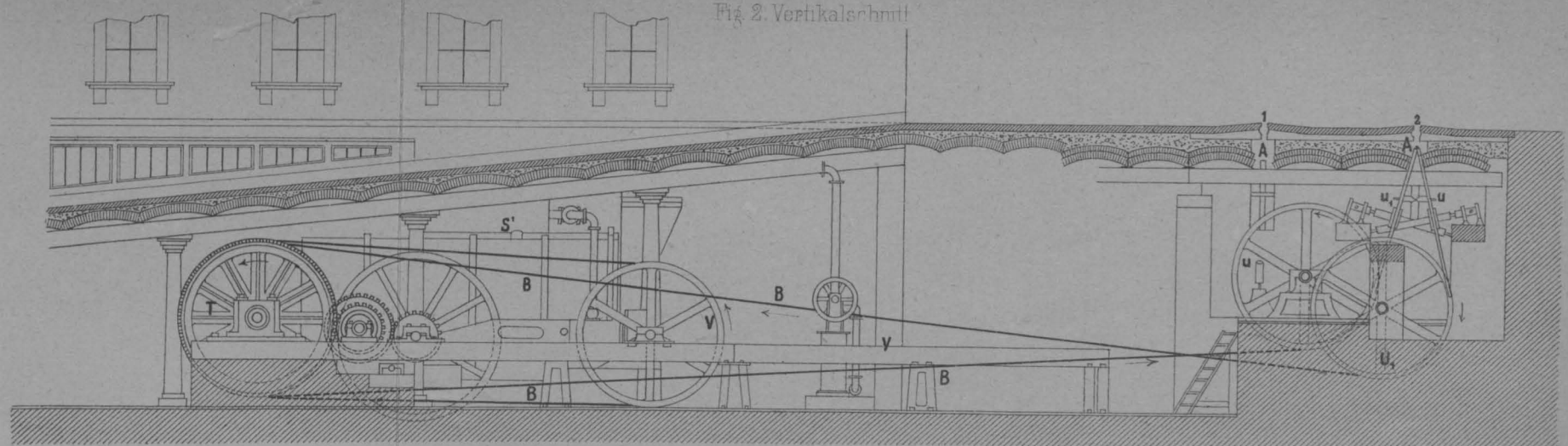
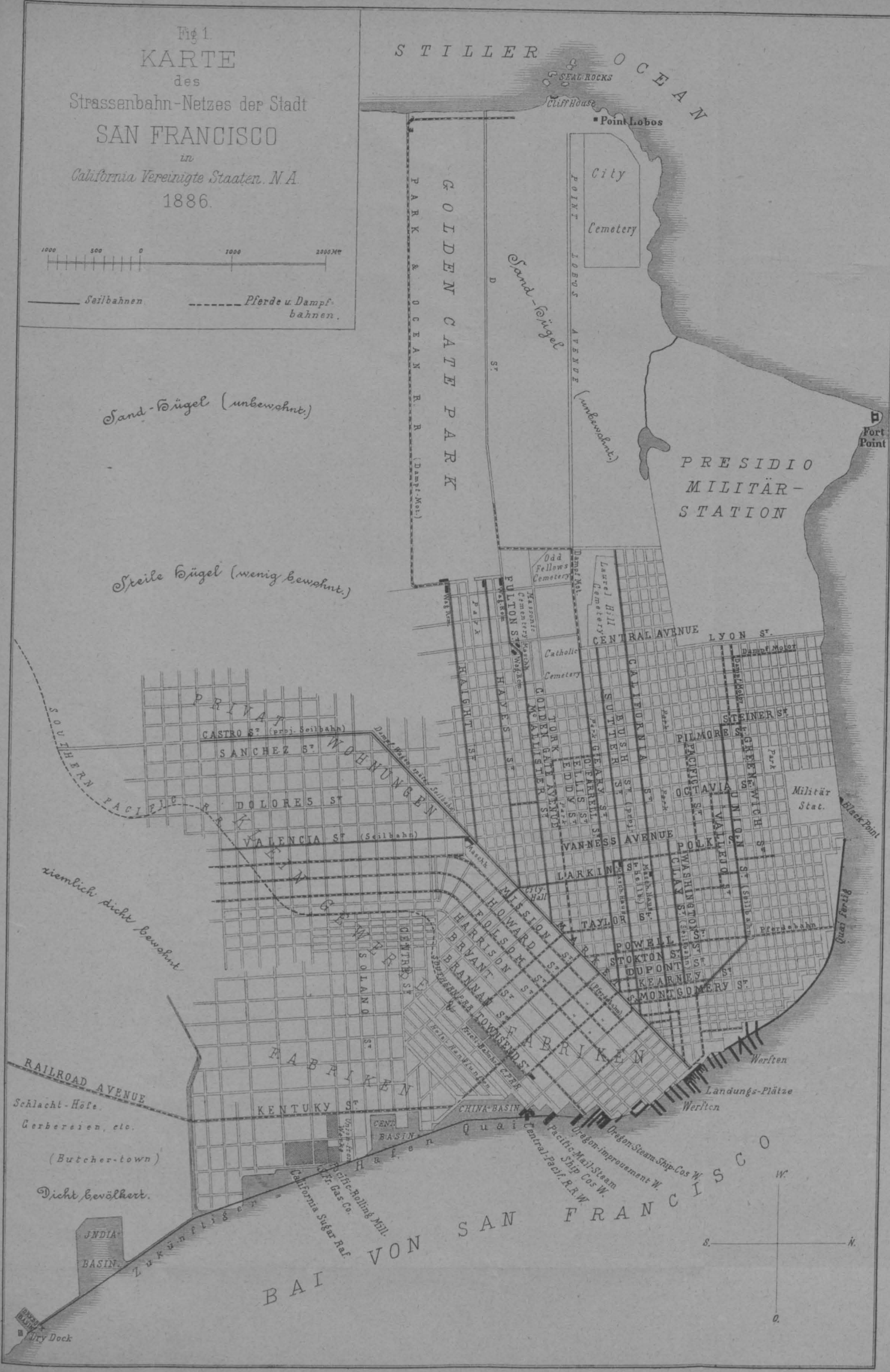




Fig. 8 California St. RR.

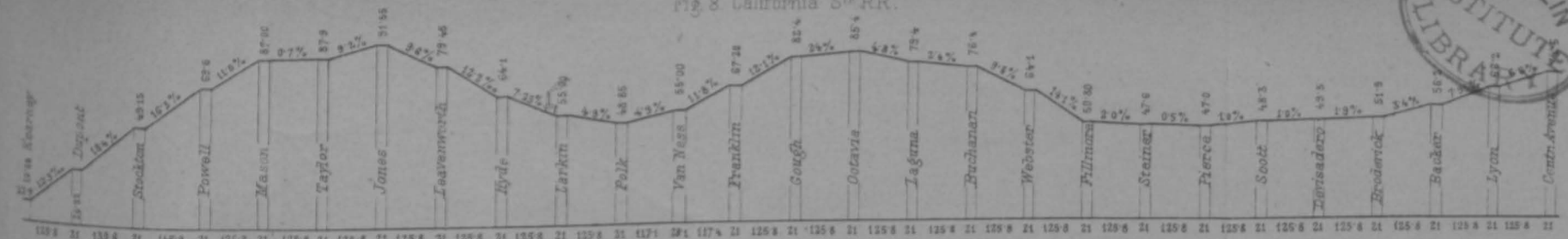


Fig. 6 Clay St. RR.

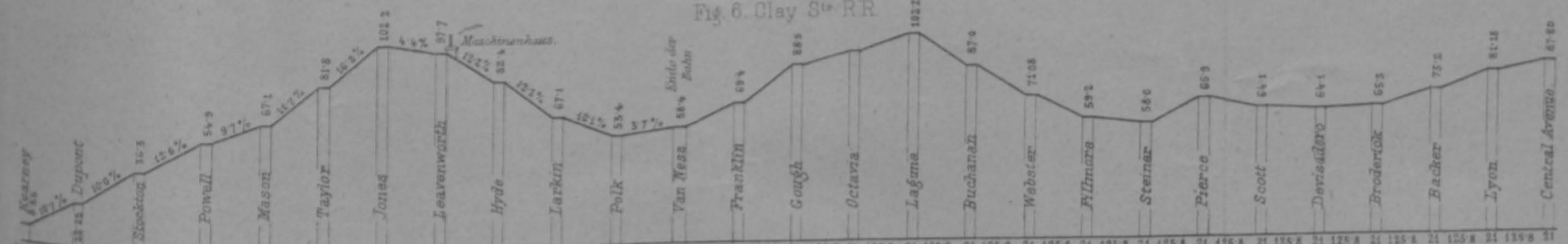


Fig. 9 Geary St. RR.

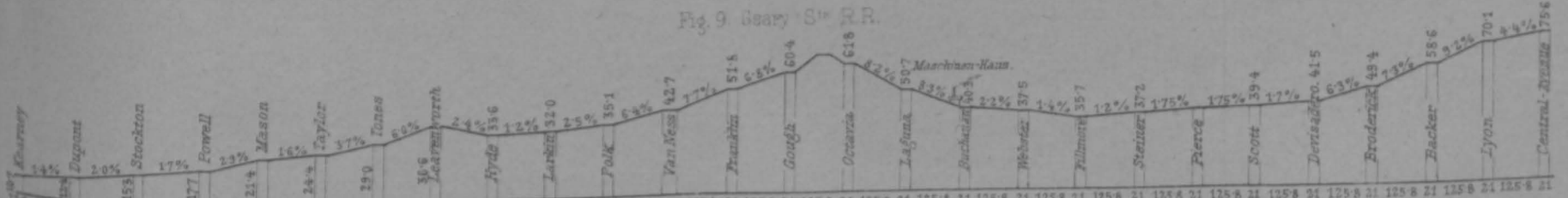
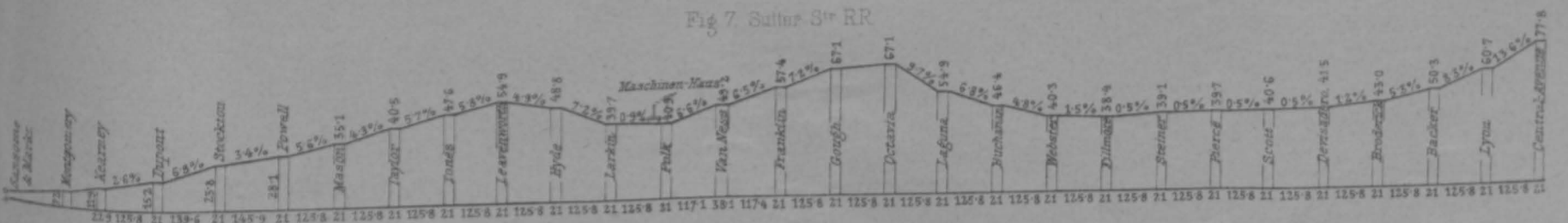


Fig. 7 Sutter St. RR.



WABASH AVENUE

STATE ST.

ST. NOLAN

Fig. 10. Schleife der Seilbahn in Chicago.

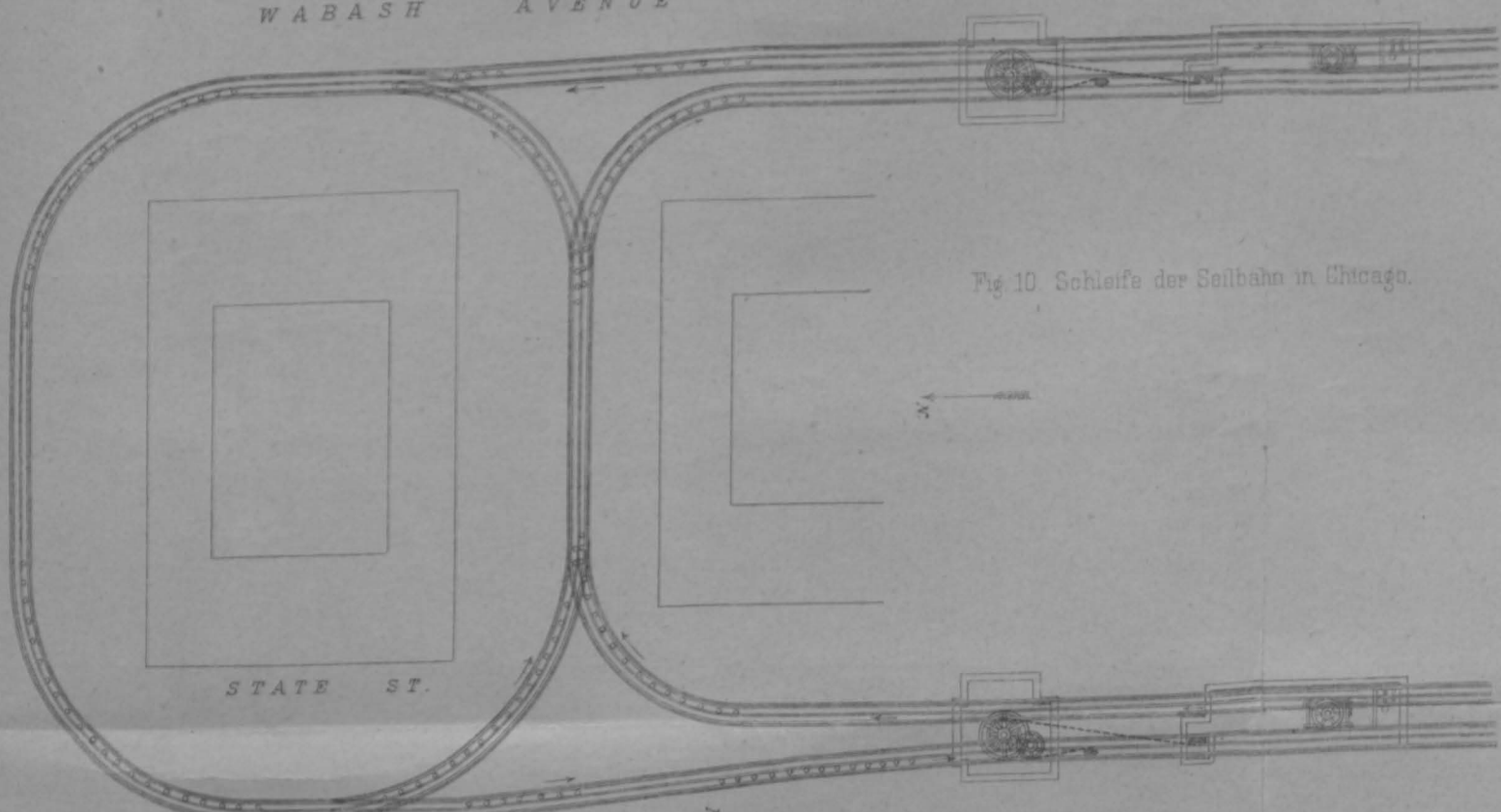




Fig. 11. Hebungsrads

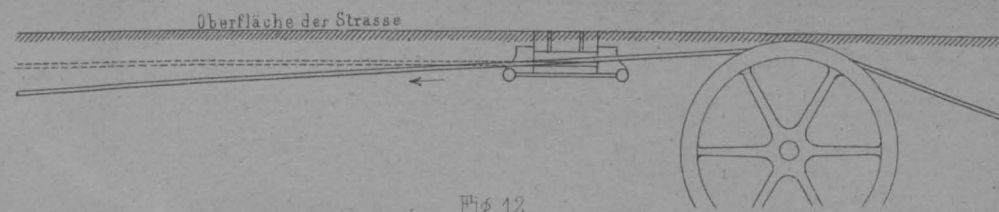


Fig. 12.



Fig. 18.

Maschinenanlage der Strassen-Seilbahn in Chicago.

21<sup>st</sup> STREET.

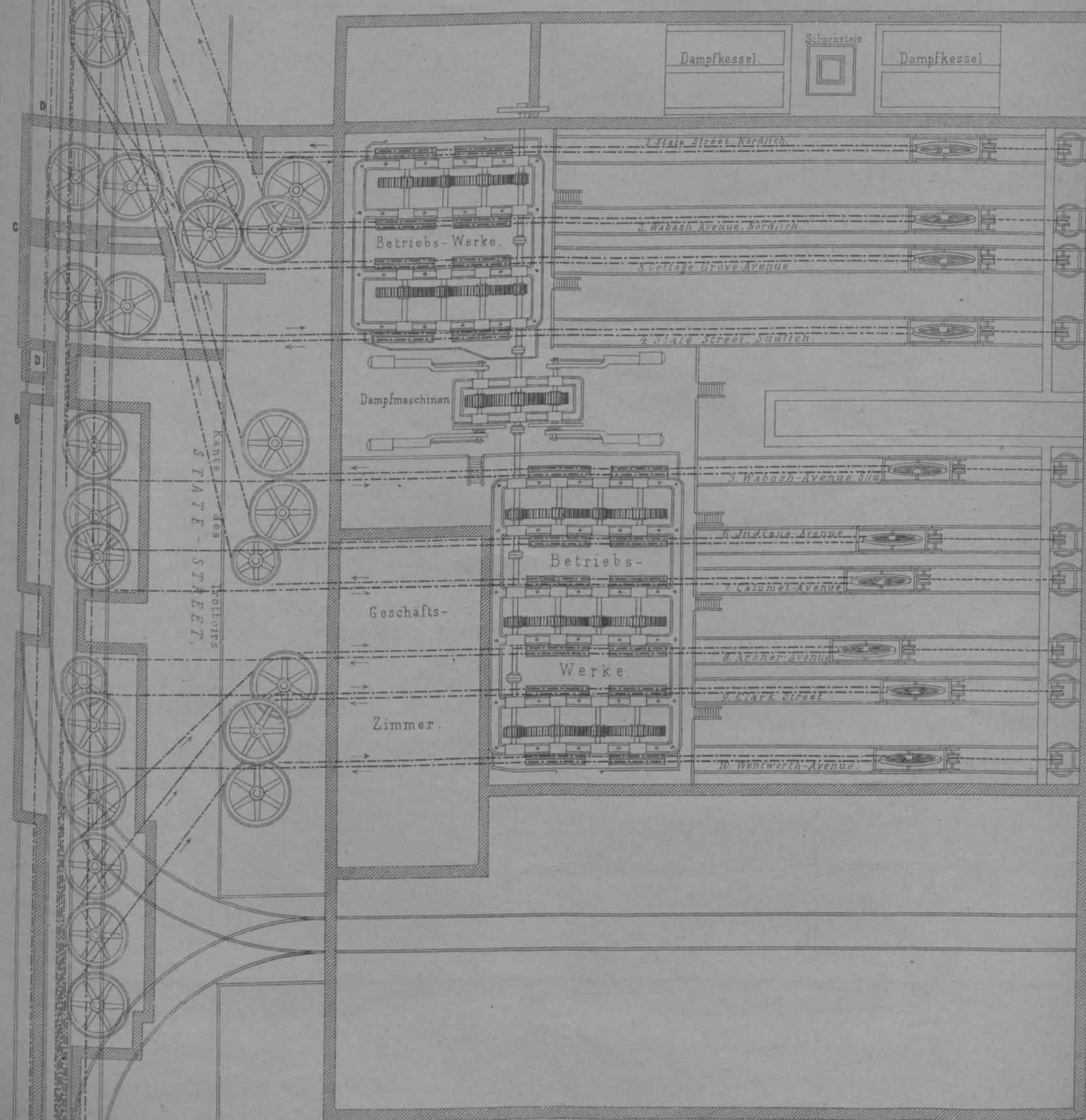


Fig. 14. Seilbahn in Chicago Schnitt nach A.B.

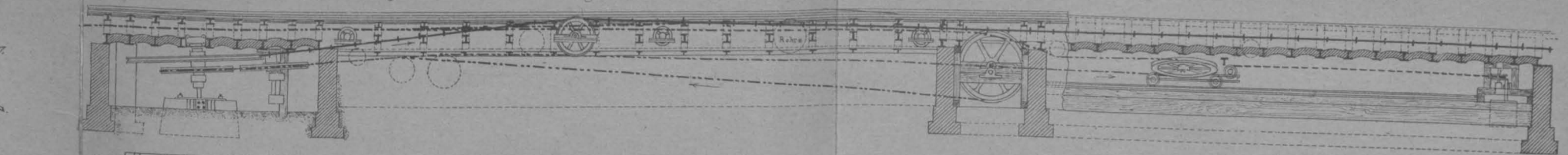


Fig. 15. Grundriss.

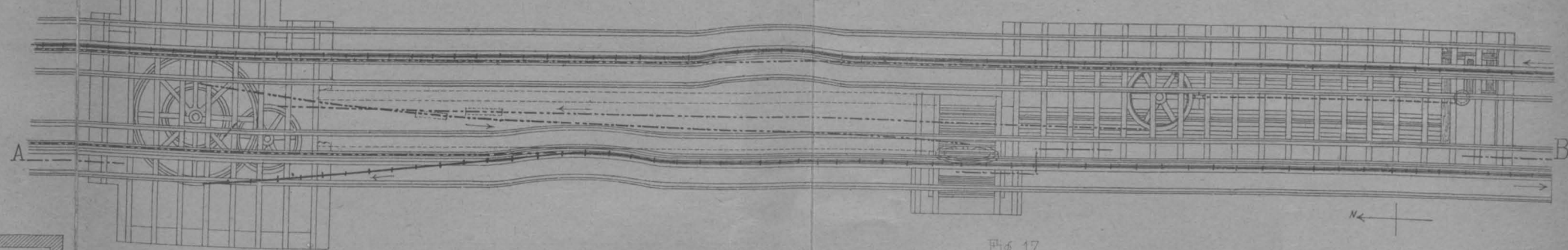


Fig. 17.

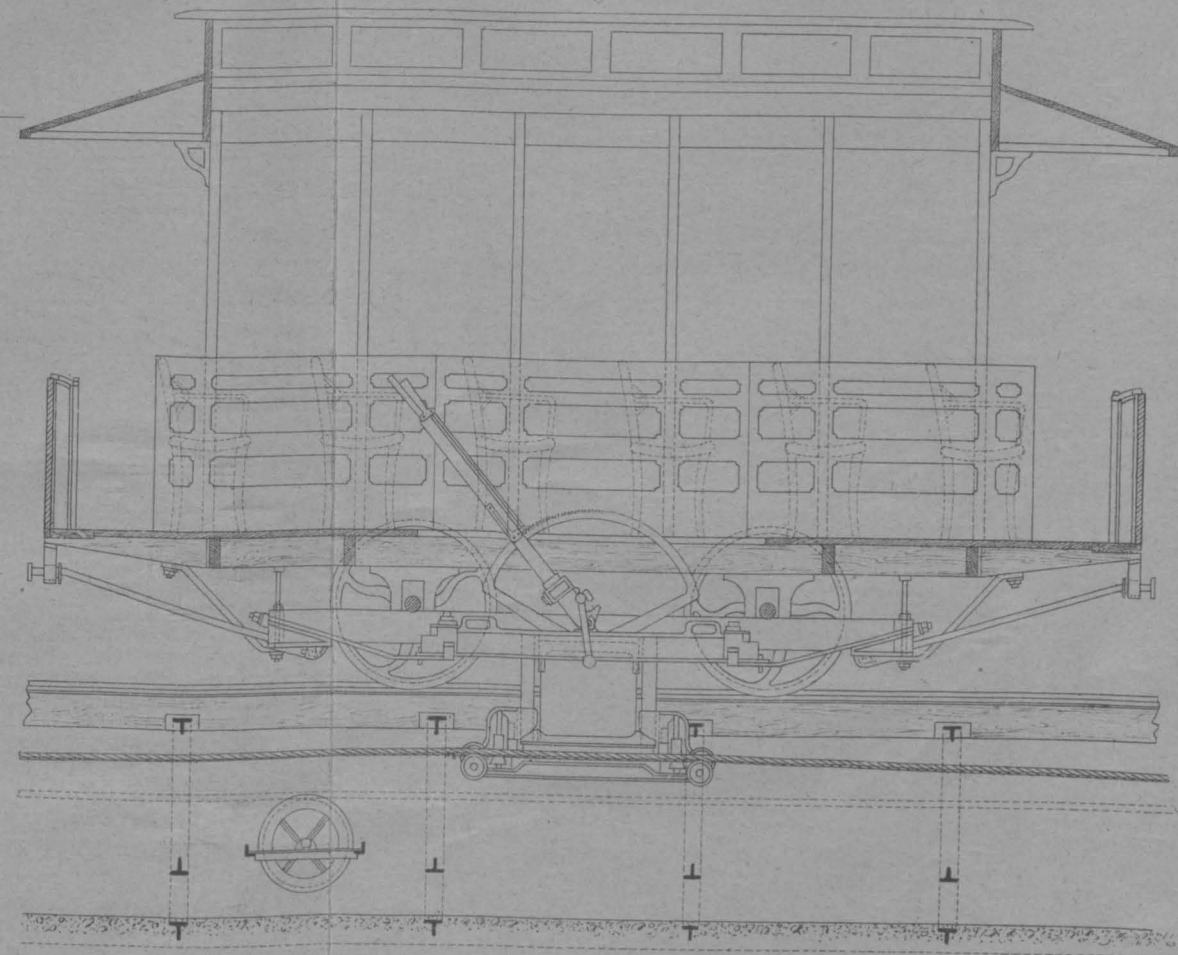


Fig. 16.

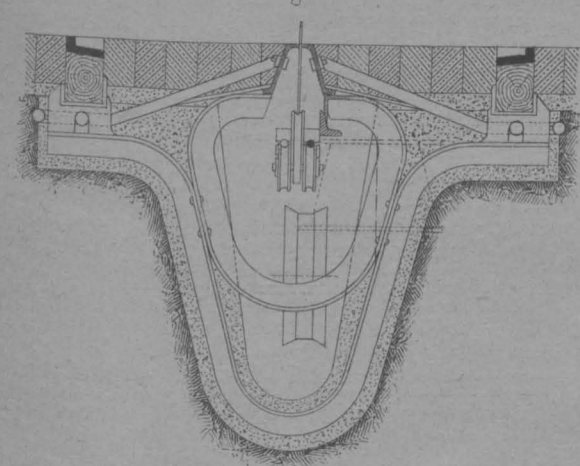


Fig. 13. Hilfsseil der Market Street R.R. in San Francisco.

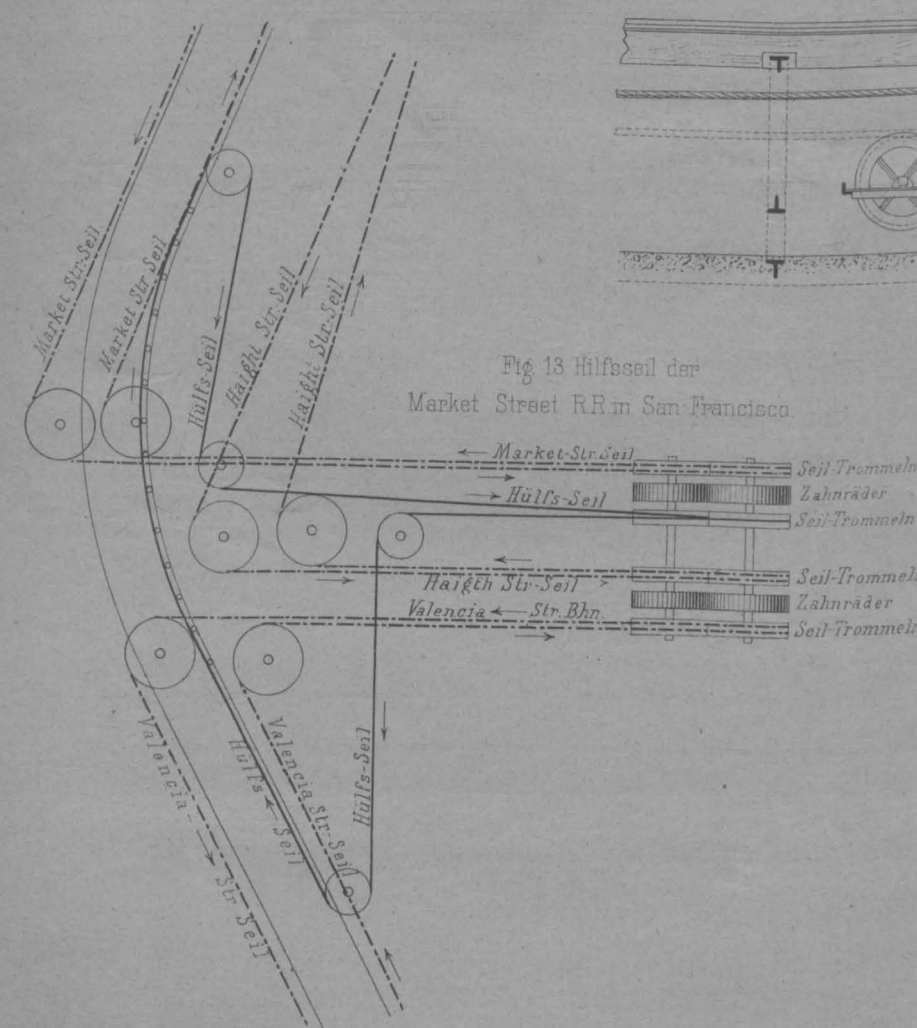
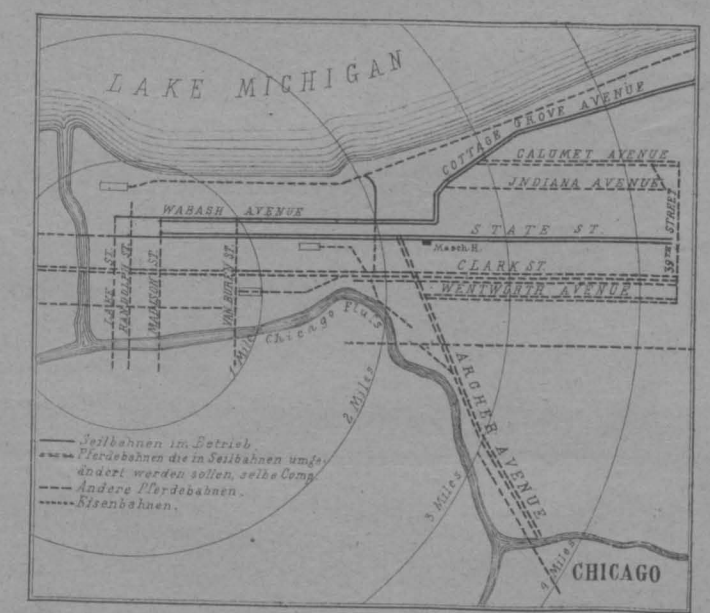


Fig. 19. Planskizze von Chicago.





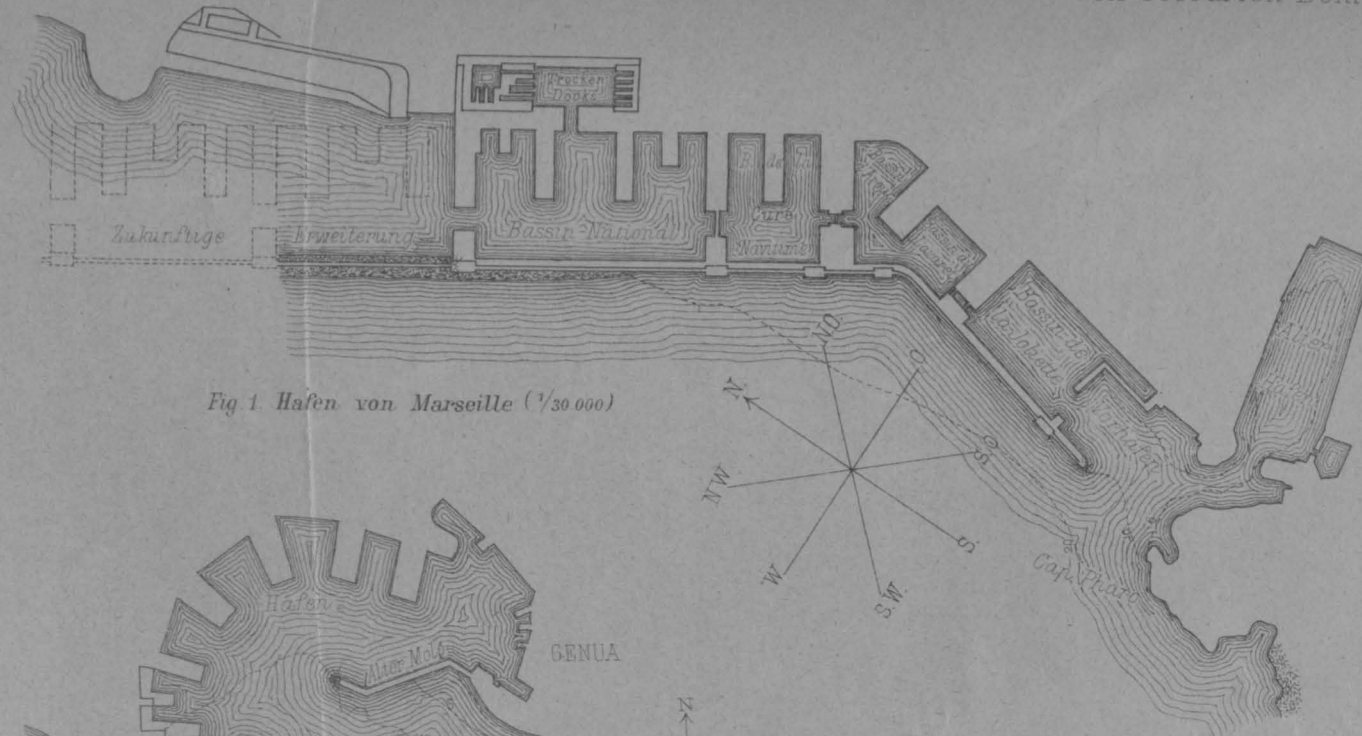


Fig. 1. Hafen von Marseille (1/30.000)



Fig. 2. Hafen von Genua (1/30.000)

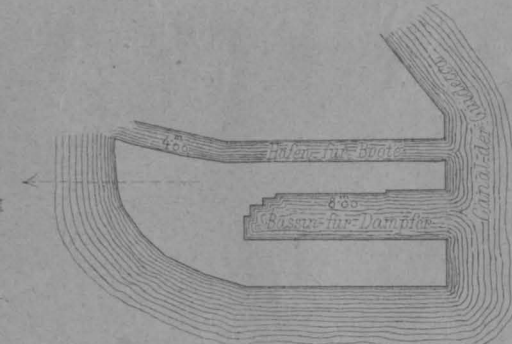


Fig. 5. Venedig Bassin der Seestation (1/30.000)

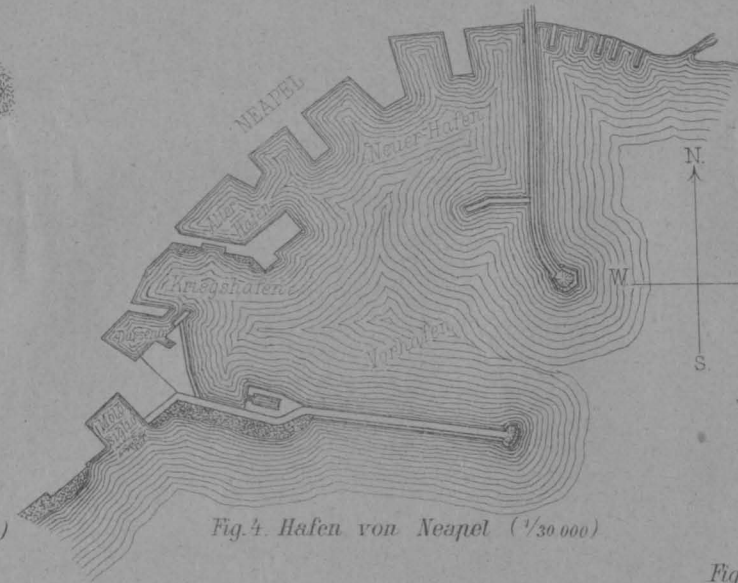


Fig. 4. Hafen von Neapel (1/30.000)



Fig. 3. Hafen von Barcelona (1/30.000)

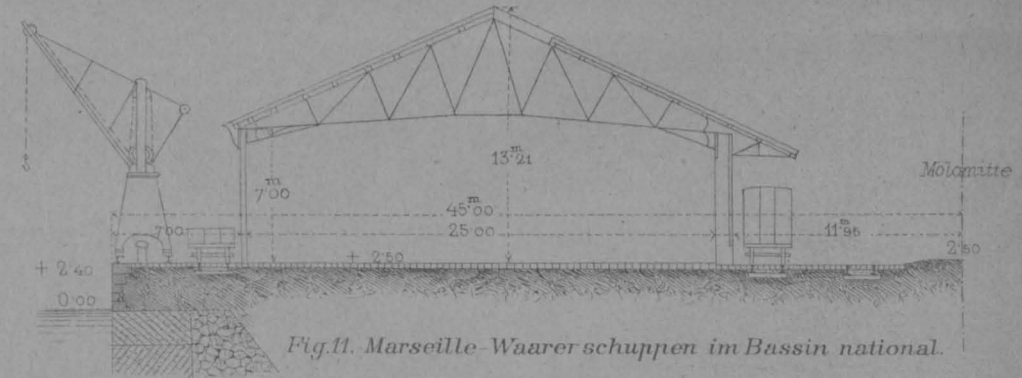


Fig. 11. Marseille-Waaren schuppen im Bassin national.

## PROFILE DER QUAIMAUERN.

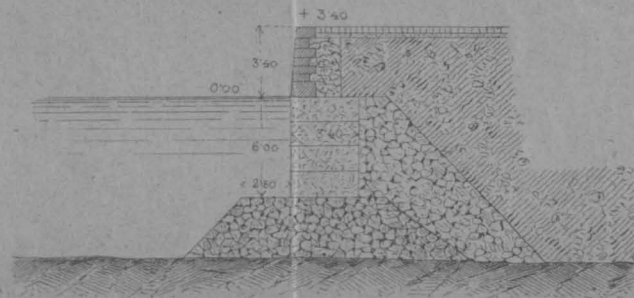


Fig. 6. Marseille, Bassin du Lazaret (1/400)

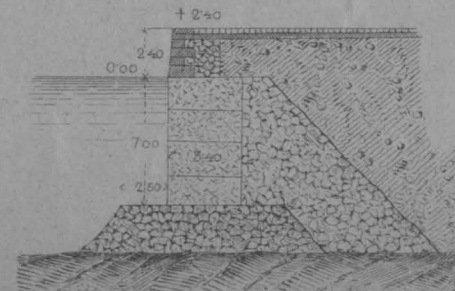


Fig. 7. Marseille, Bassin national (1/400)

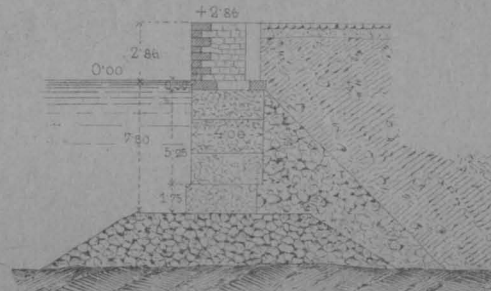


Fig. 8. Genua (1/400)

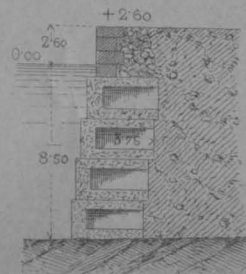


Fig. 9. Barcelona (1/400)

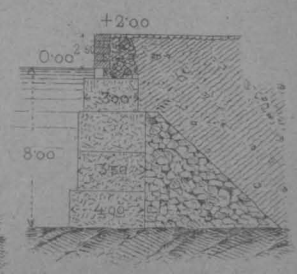


Fig. 10. Neapel (1/400)



Fig. 3. Hafen von Constantinopel (1:50 000)

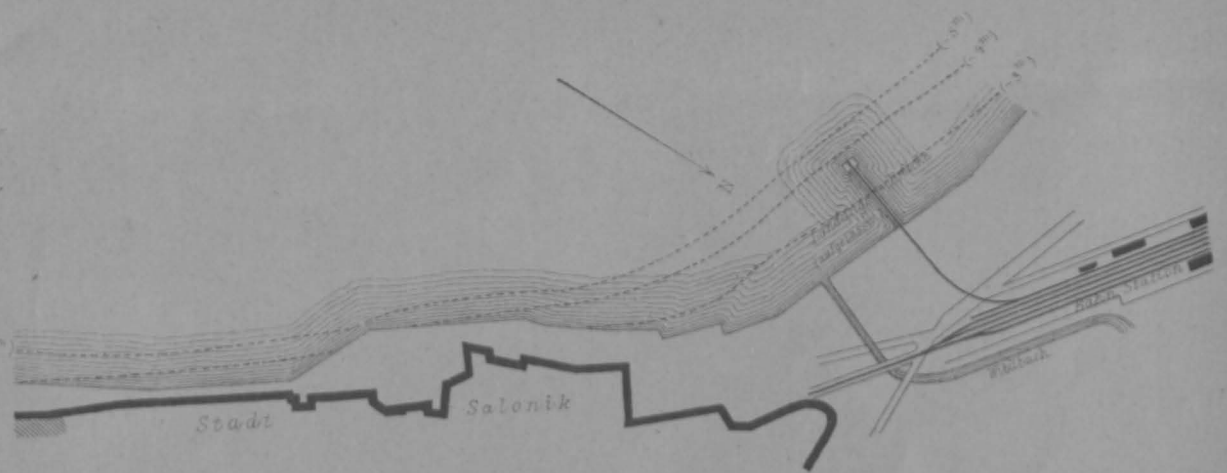


Fig. 2. Hafen von Salonik (1:10 000)

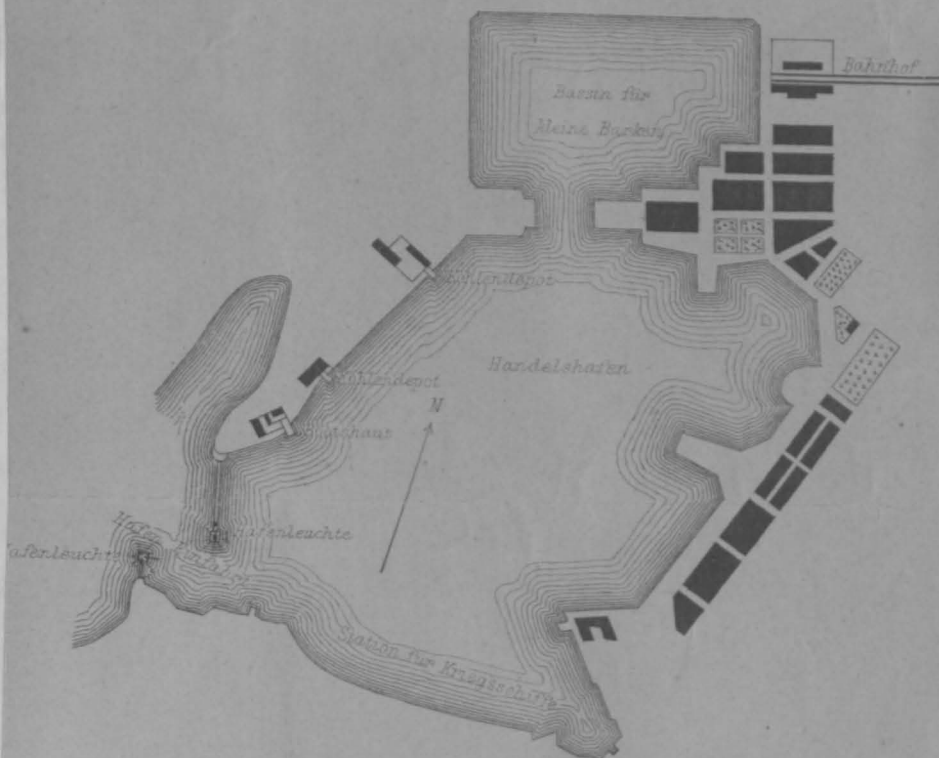


Fig. 1. Hafen von Piräus (1:13 500)

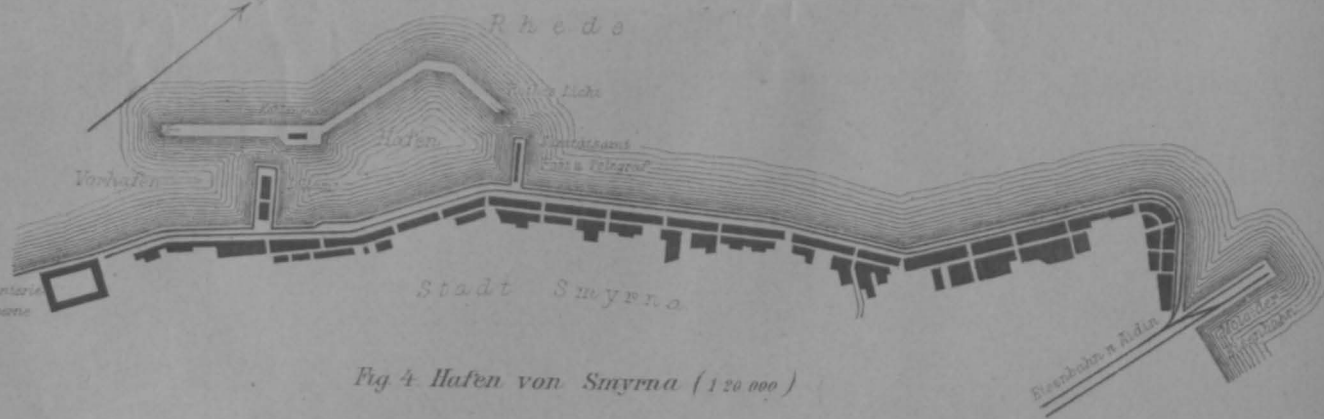


Fig. 4. Hafen von Smyrna (1:20 000)

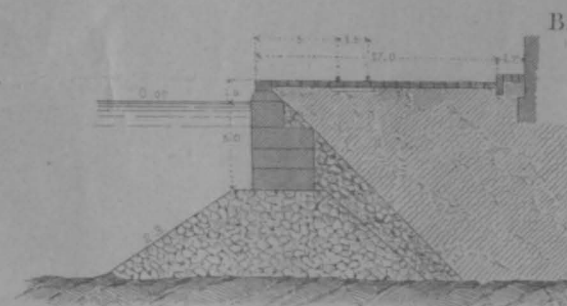


Fig. 5. Quaimauer (1:400)

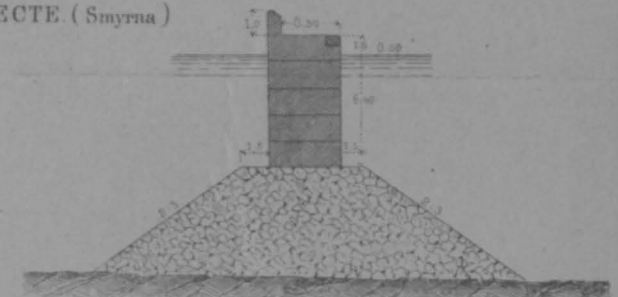


Fig. 6. Hafendamm (1:400)

von Friedrich Bomches.

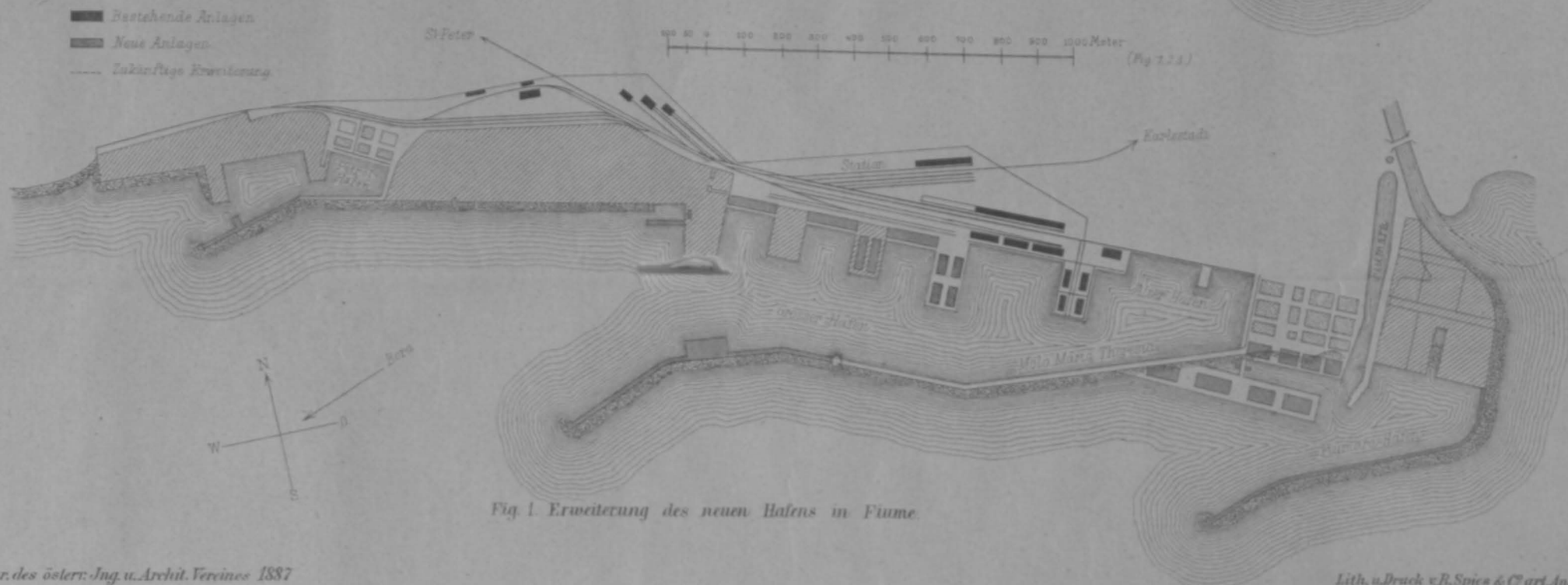
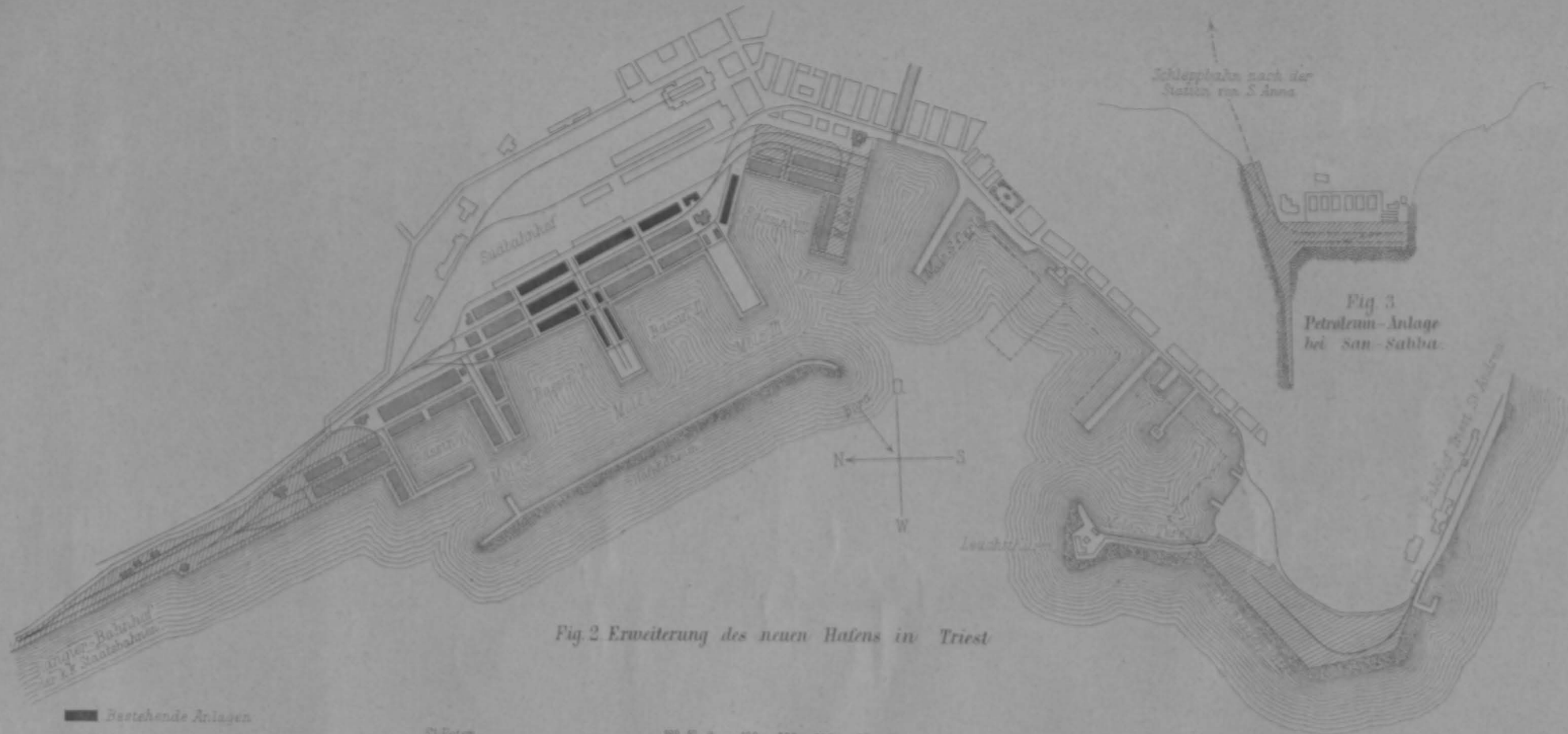


Fig. 3  
Petroleum-Anlage  
bei San-Sabba



# REIBUNGSWIDERSTAND IN ROHREN VON VERÄNDERLICHEM QUERSCHNITT.

Fig 3

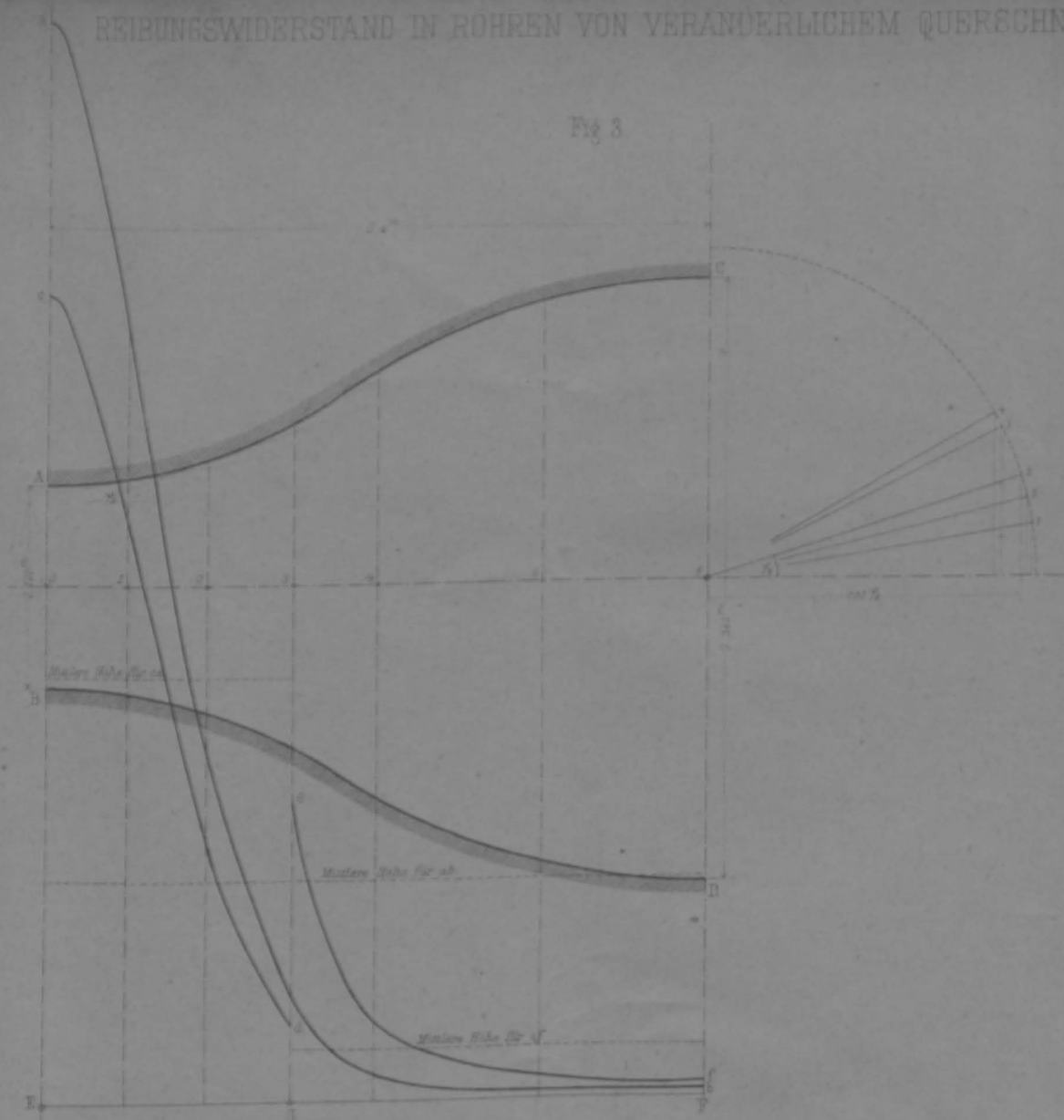


Fig 5

